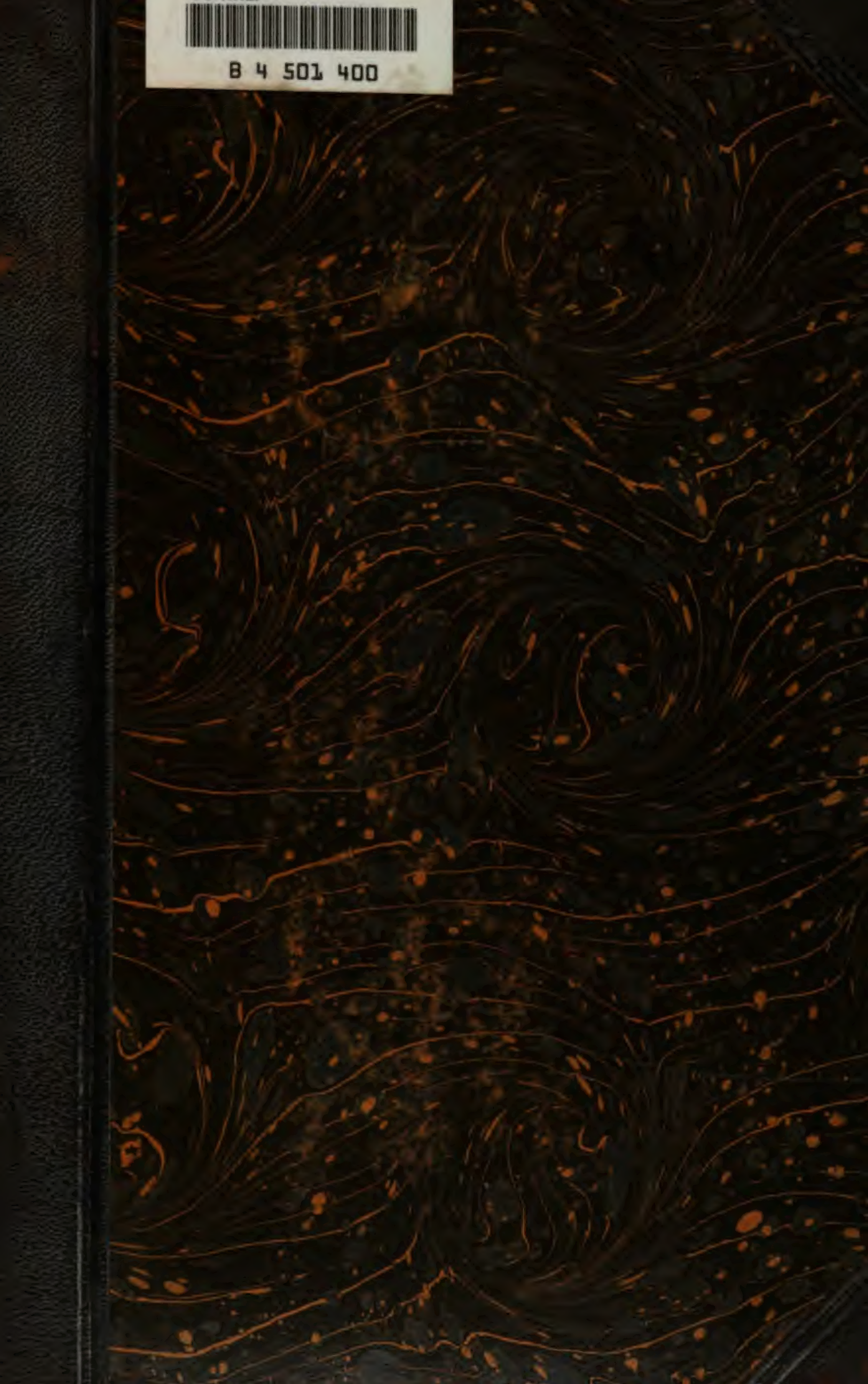
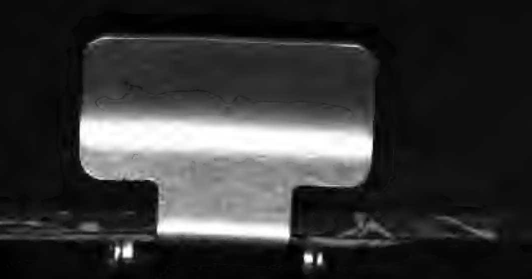
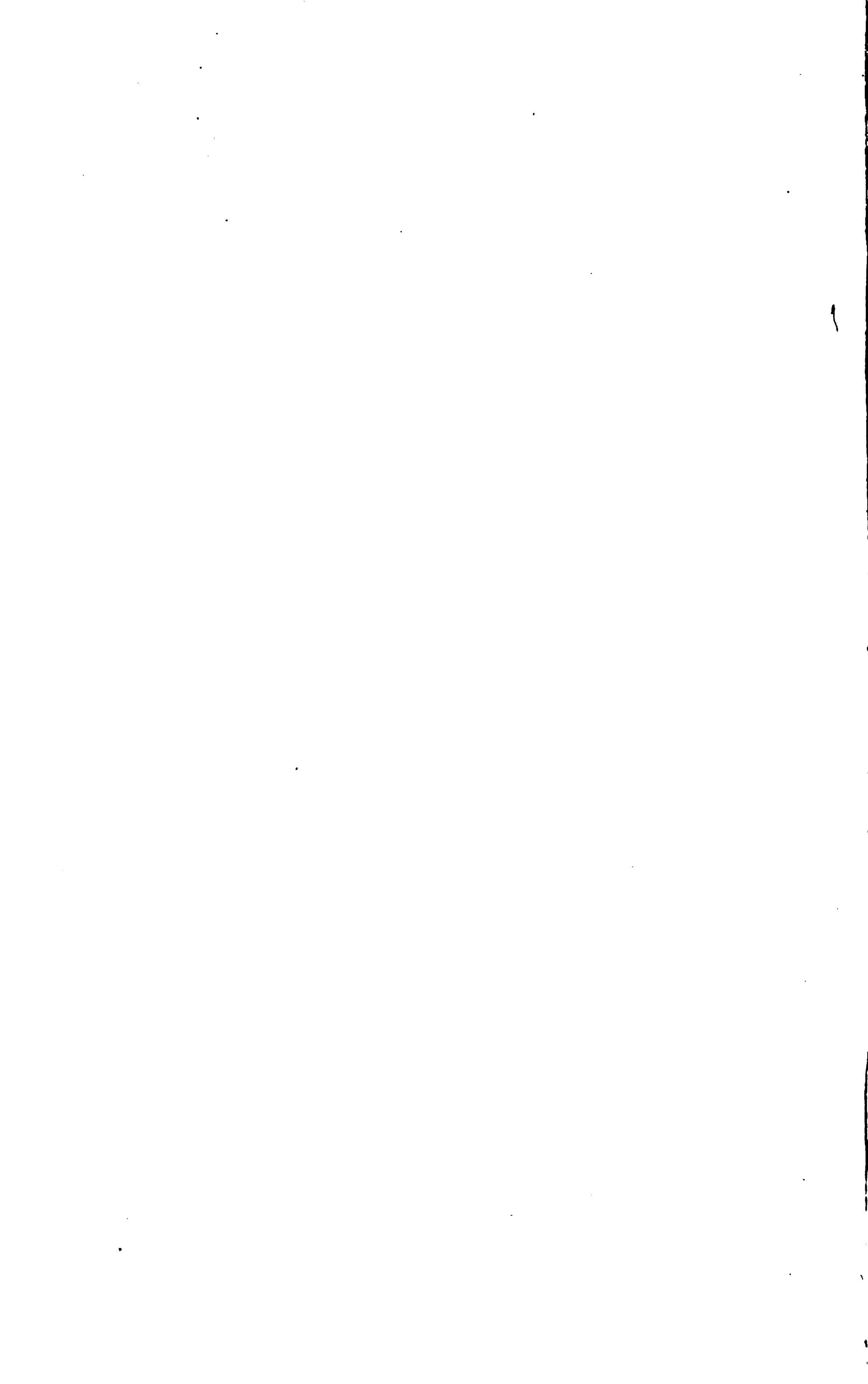












LEHRBUCH

DER

MINERALOGIE

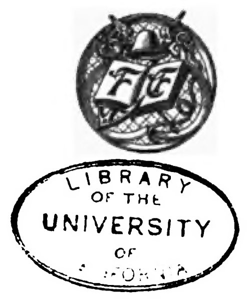
BEARBEITET VON

DR. F. KLOCKMANN,

PROFESSOR DER MINERALOGIE UND PETROGRAPHIE AN DER KÖNIGL. TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZU AACHEN.

Dritte,
verbesserte und vermehrte Auflage.

MIT 522 TEXTFIGUREN.



STUTTGART.
VERLAG VON FERDINAND ENKE.
1903.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

DEM ANDENKEN

AN

Dr. W. HAUCHECORNE

GEH. OBERBERGRATH, WEILAND DIREKTOR DER KÖNIGL. GEOLOGISCHEN LANDESANSTALT UND BERGAKADEMIE IN BERLIN

GEWIDMET.



Aus dem Vorwort zur ersten Auflage.

Unsere deutsche Litteratur ist nicht arm an guten und bewährten Lehrbüchern der Mineralogie. Es mag daher als Wagniss erscheinen, wenn zu den vorhandenen ein neues hinzutritt, das keine anderen Zwecke als jene erfüllen will und sich in der Behandlung wie Gruppirung des Stoffes jenen im Wesentlichen anschliesst. Bei dem vorliegenden Buch, das einen Bestandtheil einer zusammenhängenden Reihe naturwissenschaftlicher Lehrbücher des Enke'schen Verlages darstellt und als solcher nothwendig war, war der Grundsatz maassgebend, in möglichst gedrängter Form und in bündiger Kürze die Lehren und Thatsachen der Mineralogie nach dem gegenwärtigen Stande der Wissenschaft vorzutragen. Für den allgemeinen Theil, der neben den üblichen Abschnitten über Krystallographie, Physik und Chemie auch noch eine Uebersicht über Mineralgenesis und über Minerallagerstätten bietet, sind nur 192 Seiten verwendet und auch für den speciellen, reichhaltigen Theil sind nur 207 Seiten nöthig geworden. Und bei dieser Kürze, die natürlich nur durch Weglassung von allerlei dem in die Wissenschaft Einzuführenden zunächst unnöthigem Beiwerk, durch schematische, darum aber übersichtliche Schilderung der Mineralien, durch häufige Verwendung von Abkürzungen und kleinem Druck zu Stande gekommen ist, glaubt der Verfasser doch nichts Wichtiges ausgelassen zu haben, im beschreibenden Theil sogar recht vollständig gewesen zu sein, sodass dieser zum Nachschlagen und auch bei Sammlungsarbeiten zu gebrauchen sein dürfte. Bezüglich der Reichhaltigkeit dieses Theiles sei nur auf das Register hingewiesen.

Um die praktische Brauchbarkeit des Buches zu erhöhen, sind demselben, was sonst nicht üblich, zwei Abschnitte angehängt, von denen der eine die nutzbaren Mineralien aufzählt, der andere Bestimmungstabellen für die häufiger vorkommenden Mineralien enthält. Auch der häufige Hinweis auf ähnliche, nach dem blossen Aussehen leicht verwechselbare Mineralien, der sich der Charakteristik der gewöhnlicheren Mineralien angefügt findet, dürfte dem Anfänger nicht unwillkommen sein.

Wie erwähnt, ist eine wesentliche Abweichung von der Behandlung und Anordnung des Stoffes gegenüber anderen Lehrbüchern absichtlich

vermieden worden, weil der übliche Lehrgang an den Universitäten und technischen Hochschulen sich diesen Büchern anschliesst und darum jede Aenderung methodische Unbequemlichkeiten herbeigeführt hätte. Im Uebrigen hätte wohl für den Verfasser, der an einer Bergakademie docirt, die Versuchung nahe gelegen, in der Gruppirung der Mineralien eine seinen speciellen Zwecken mehr entsprechende Eintheilung eintreten zu lassen. Aus gleichem Grunde ist auch im krystallographischen Theil verzichtet worden, die Krystallsysteme durch ihre Symmetrieaxen zu definiren und die übliche Definition durch Symmetrieebenen beibehalten. Eine Absicht liegt auch zu Grunde — nämlich die, dem Gedächtniss zur Hülfe zu kommen —, wenn vielfach die chemischen Formeln der Mineralien in alter Weise dualistisch geschrieben sind.

Bei der Beschreibung der einzelnen Mineralien wird es gewiss Beifall finden, dass nicht so sehr auf die geographischen Fundorte als auf geologische Vorkommen der Mineralien Gewicht gelegt wurde. Die kurzen Bemerkungen über das geologische Auftreten des beschriebenen Minerals wie auch die Angaben über charakteristische Begleitmineralien halte ich für sehr wesentliche Theile einer mineralogischen Charakteristik.

Aus dem Vorwort zur zweiten Auflage.

Trotz mancherlei dem Verfasser nicht unbekannt gebliebenen Mängel der ersten Auflage und trotz des Vorhandenseins mehrerer, denselben Zweck verfolgenden Lehrbücher wurde für die vorliegende Mineralogie in weniger als fünf Jahren eine zweite Auflage nöthig, ein Beweis, dass das Buch brauchbar war.

Diese zweite Auflage ist in der Anlage und der allgemeinen Anordnung des Stoffs der ursprünglichen treu geblieben, dagegen haben sich im Einzelnen so zahlreiche Aenderungen nothwendig gemacht und es sind so manche Ungenauigkeiten verbessert worden, dass sie den Anspruch auf die Bezeichnung einer umgearbeiteten und verbesserten Auflage wohl erheben darf.

Die wesentlichen Abänderungen des allgemeinen Theils beziehen sich zumeist auf die geometrische Krystallographie. An Stelle der früheren und auch sonst in den Lehrbüchern üblichen Darstellung der Krystallsysteme hat in vorliegender Auflage die Eintheilung der Krystallformen in 32 Symmetrieklassen die gebührende Berücksichtigung erfahren. Aller-

dings erschien für deren Ableitung dem Verfasser eine Verzichtleistung auf die Begriffe der Hemiedrie und eine Unterdrückung mancher überflüssig gewordenen, aber durch die geschichtliche Entwicklung begründeten sonstigen Begriffe zur Zeit noch unthunlich.

Eine wesentliche Aenderung betrifft die krystallographischen Symbole. Trat in der vorigen Auflage das MILLER'sche Zeichen hinter das NAUMANN'sche zurück, so verhält es sich nunmehr umgekehrt. Immerhin ist aus praktischen Gründen, d. h. wegen der offenbaren Bevorzugung, die NAUMANN's Symbol bei vielen Lehrern und Lernenden stetig noch findet, im speciellen Theil bei der Formbeschreibung der einzelnen Mineralien dieses Zeichen jedes Mal dem MILLER'schen hinzugefügt worden.

Auch bei dieser Auflage war es das Bestreben, die Beschreibung der einzelnen Mineralien auf das Wesentlichste und Wissenswertheste zu beschränken, vielfach nur diejenigen Merkmale zu erwähnen, die für die Erkennung des Minerales in erster Linie in Betracht kommen; das Buch ist ja nur auf solche Studirende berechnet, die in der Mineralogie eine Hülfswissenschaft für ihre Studien auf dem Gebiet der Chemie, der Bergbau- und Hüttenkunde und sonstigen Technik erblicken.

Besonderen Werth hat der Verfasser auf die Darlegung des geologischen Vorkommens der häufigeren und technisch wichtigen Mineralien gelegt, während die Aufzählung der mehr oder minder zufälligen geographischen Fundorte nicht gerade eingeschränkt wurde, aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit erhebt. In der Hervorhebung der geologischen Seite in der Mineralogie glaubt der Verfasser einen Vorzug des Buches zu sehen.

Vorwort zur dritten Auflage.

In der vorliegenden dritten Auflage, deren Bearbeitung sich kaum 3 Jahre nach dem Erscheinen der voraufgehenden nothwendig machte, ist die Anlage und Eintheilung des Stoffes dieselbe geblieben wie früher, dagegen sind im Einzelnen mancherlei redactionelle Aenderungen, Verbesserungen und Ergänzungen vorgenommen. So haben u. a. im allgemeinen Theil das Theodolitgoniometer und die Messung mit demselben eine Besprechung erfahren, die schematischen Projectionsmethoden sind vervollständigt, ferner ist der Abschnitt über die Krystalloptik und die optischen Untersuchungsmethoden in manchen Punkten umgearbeitet und erweitert. An der zuerst wohl in diesem Buche durchgeführten Herleitung

aller 32 Symmetrieklassen aus den Symmetrieelementen der holoedrischen Klasse, ausgehend von den Begriffen der Hemiedrie, Tetartoedrie etc., ist nicht nur aus historischen Gründen, sondern auch der leichteren Fasslichkeit halber festgehalten; neu hinzugekommen ist aber die nunmehr nöthig gewordene Ableitung der Symmetrieelemente dieser holoedrischen Klassen selbst und der Nachweis, dass man mit 6 Axenkreuzen bezw. 6 Krystallsystemen auszukommen vermag.

Im systematischen Theil sind die Angaben über die einzelnen Mineralien revidirt, inzwischen neu oder besser bekannt gewordene Mineralien nach Möglichkeit berücksichtigt, zahlreiche Namen und Synonyma mehr oder minder ausführlich gedeutet, wenn auch Vollständigkeit in dieser Hinsicht weder möglich war, noch angestrebt wurde. Wie früher, so haben auch dies Mal das geologische Vorkommen, die Paragenesis und die Entstehung besondere Beachtung erfahren.

Die Bestimmungstabellen sind vereinfacht worden und dem Buche derart angehängt, dass sie herausgenommen und für sich benutzt werden können.

Von litterarischen Hülfsmitteln waren mir ausser den in früherer Auflage genannten von grossem Vortheil die in den letzten Jahren erschienenen Lieferungen des HINTZE'schen Handbuchs. Dank bin ich schuldig mehreren Fachgenossen, besonders Herrn Professor SCHEIBE in Berlin für mancherlei Hinweise auf Fehler und Ungenauigkeiten, ebenso Herrn Professor DANNENBERG in Aachen, der sich an der mühsamen Arbeit des Correcturlesens betheiligt hat, nicht minder aber auch dem Herrn Verleger, der auf jeden meiner Wünsche bereitwilligst eingegangen ist und dem es zu verdanken ist, wenn das Buch hinsichtlich seiner Ausstattung und seiner Figuren eine immer vollkommenere Gestalt annimmt.

Aachen, den 29. Juli 1903.

F. Klockmann.

Einleitung.

Die uns von der Natur dargebotenen Körper werden in solche des Thierreiches, des Pflanzenreiches und des Steinreiches unterschieden. Thier- und Pflanzenreich umfassen die mit Lebensorganen ausgerüsteten Wesen sammt den aus dem Lebensprocess hervorgegangenen Producten; dem Steinreich gehören die Naturkörper ohne solche Organe und ohne organische Herkunft an; sie sind anorganisch.

Die Gegenstände des Steinreiches zerfallen nach Ausschluss aller sogen. Kunstproducte in Mineralien und Gesteine. Ein charakteristischer Unterschied beider besteht darin, dass die Mineralien, abgesehen von den im elementaren Zustand auftretenden, constante chemische Verbindungen von Elementen, die Gesteine hingegen wechselnde mechanische Gemenge von Mineralien darstellen.

In der Folge haben wir es nur mit Mineralien zu thun. Damit ein Naturkörper die Bezeichnung eines Minerals verdient, muss er zwei Bedingungen genügen: 1. er muss einen unmittelbaren Bestandtheil der Erdrinde bilden und muss 2. nach seiner Zusammensetzung sich charakterisiren als eine constante chemische Verbindung oder als chemisches Element. Daraus ergiebt sich die Definition des Begriffs Mineral.

Zu diesen beiden wesentlichen Eigenschaften kommt die aus Gründen der Zweckmässigkeit gemachte und daher willkürliche Beschränkung der Mineralien auf Körper von festem oder flüssigem Aggregatzustand. Den Sauerstoff der Luft, die dem Boden entströmende Kohlensäure etc. lässt man heute allgemein nicht mehr als Mineralien gelten.

1. Durch die Beschränkung der Mineralien auf unmittelbare Bestandtheile der Erdrinde sind nicht nur alle organischen, sondern auch die durch menschliche Vermittlung entstandenen anorganischen Körper von den Mineralien ausgeschlossen. Daher gehören die sogen. künstlichen Substanzen des Laboratoriums, die zufällig entstandenen krystallisirten Hüttenproducte, sowie die anorganischen Ausscheidungen des Thier- und Pflanzenkörpers etc. nicht zu den Mineralien, wiewohl sie mit diesen, abgesehen von ihrem Ursprung, völlig übereinstimmen können. Mithin sind auch die Versteinerungen keine Mineralien. Dennoch ist es üblich, Kohle, Asphalt, Bernstein, Petroleum, soweit diese Stoffe in ihrer äusseren Erscheinung jede Erinnerung an ihre organische Herkunft eingebüsst haben, mit unter die Mineralien zu zählen, vorausgesetzt, dass sie eine gleichartige chemische Beschaffenheit erlangt haben. Herkömm-

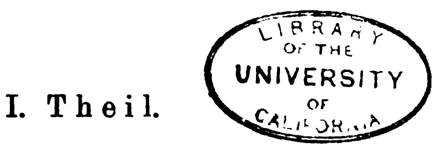
licherweise werden die Gemengtheile der Meteoriten, die zumeist mit irdischen Mineralien übereinstimmen, als Mineralien betrachtet.

2. Die constante chemische Verbindung, die für das Mineral charakteristisch ist, äussert sich in der Möglichkeit, für dasselbe eine chemische Formel aufzustellen. Das wird nur bei homogenen Körpern der Fall sein können, daher sind auch die Mineralien homogene Körper. Die formelmässige chemische Zusammensetzung ist es auch, die den Mineralien den Werth selbstständiger Naturkörper verleiht und, wie schon erwähnt, sie scharf von anderen unmittelbaren Bestandtheilen der Erde, vor allen von den Gesteinen scheidet. Gesteine — als Aggregate von schwankender Zusammensetzung, deren Selbstständigkeit als Naturkörper in ihrem geologischen Verhalten liegt — bilden keinen Gegenstand der Mineralogie.

3. Fast sämmtliche Mineralien sind starr; flüssig sind Quecksilber, Wasser und Petroleum.

Die Wissenschaft der Mineralogie hat zum Zweck: die Erforschung und Beschreibung der Mineralien nach ihren gesammten Eigenschaften, nach der Art ihres Auftretens in der Natur, nach ihrem Entstehen und Vergehen, nach ihrem Nutzen und Schaden, nach ihren verwandtschaftlichen Beziehungen zu einander.

Die Mineralogie, als eine vielfach beschreibende Naturwissenschaft, zerfällt naturgemäss in zwei Theile: einen Allgemeinen Theil, der die gemeinsamen und allgemeinen Eigenschaften und Merkmale der Mineralien behandelt, daneben die Kunstausdrücke erläutert und die Principien der systematischen Anordnung des Materiales wie auch die Nomenclatur erörtert, und in einen Speciellen Theil, der die Beschreibung (Physiographie) der einzelnen Mineralien in systematischer Anordnung vorzunehmen hat.



I. Theil.

Allgemeine Mineralogie.

Nach der vorstehenden Begriffserläuterung wird sich die allgemeine Mineralogie über folgende Gegenstände zu verbreiten haben:

1. über die äussere Gestalt und Form der Mineralien: Morphologie;
2. über die physikalischen Eigenschaften: Mineralphysik;
3. über die chemische Beschaffenheit: Mineralchemie;
4. über die Art des Vorkommens: Lagerstättenlehre;
5. über die Bildung und Umwandlung: genetische Mineralogie;
6. über den Nutzen und Schaden: technische oder ökonomische Mineralogie (Lithurgik);
7. über die Namengebung und Eintheilung: Nomenclatur und Systematik.

Die Abschnitte 1—3, welche die Mineralien unter besonderer Hervorhebung des Gesetzmässigen nach ihrer Gestalt, ihren Eigenschaften und ihrer stofflichen Zusammensetzung behandeln, bilden die Mineralogie im engern Sinn. Sie betrachten die Mineralien an sich, abgesondert von allen Beziehungen zu anderen Naturkörpern und liefern vor allen anderen die zur Erkennung und Unterscheidung der Mineralien wichtigsten Merkmale; sie sind daher Terminologie und Kennzeichenlehre.

Die Lehre von den natürlichen Lagerstätten der Mineralien, von ihrer Bildung und Umbildung, ferner die technische Mineralogie nehmen ihrerseits Bezug auf ausserhalb des isolirten Minerals liegende Verhältnisse und auf den Menschen. Auf diesem weiteren Gebiet der Mineralogie finden sich auch die Berührungspunkte mit anderen anorganischen Wissenschaften, vornehmlich mit der Geologie, sowie mit der Bergbau- und Hüttenkunde etc.

Naturgemäss ist die Mineralogie im engern Sinn im vorliegenden Allgemeinen Theil am ausführlichsten behandelt, doch haben auch die übrigen Abschnitte, soweit es sich bei ihnen um Dinge von specifisch mineralogischer Natur handelt, entsprechende Berücksichtigung erfahren, mit Ausnahme der technischen Mineralogie, die erst im beschreibenden Theil bei den einzelnen Mineralien und am Schlusse des Buches in einem besonderen Anhang „Uebersicht über die nutzbaren Mineralien und deren Lagerstätten“ nähere Erwähnung gefunden hat. — Einen mehr praktischen Zweck, nämlich den eines übersichtlichen und bequemen Hülfsmittels beim Bestimmen der Mineralien, verfolgen endlich die dem Buch beigegebenen „Tabellen zum Bestimmen der gewöhnlicheren Mineralien“.

I. Abschnitt.

Morphologie oder die Lehre von den Mineralformen.

Allgemeines. — Die Mineralien gelangen in unsere Hände als ganz, häufiger als nur theilweise von ebenen Flächen umgrenzte Körper, die Krystalle genannt werden, oder als unregelmässig gestaltete, gerundete und eckige Stücke, als derbe Mineralien.

Damit sind aber nur rein äusserliche Unterschiede der Form ausgedrückt. Zur Aufstellung der wesentlichen und durchgreifenden Unterschiede muss man zurückgehen auf die letzte Ursache der Form, die Gruppirung der Moleküle innerhalb der Substanz, die Molekularstructur. Da aber diese nicht direct erkannt werden kann, so ist man angewiesen auf deren Aeusserung in Gestalt des physikalischen Verhaltens der Substanzen. Von diesem, das jederzeit auch im kleinsten Bruchstück wahrnehmbar ist, sind die nur unter günstigen und zufälligen Umständen mehr oder minder vollständig ausgebildeten Formen abhängig.

Alle homogenen Medien und somit auch die Mineralsubstanzen zerfallen physikalisch in zwei Gruppen, je nachdem mit einer Richtungsänderung auch eine Veränderung des physikalischen Verhaltens eintritt oder nicht. Diejenigen Medien, die in allen Richtungen sich physikalisch gleich verhalten, vermögen unter keinen Umständen in ebenflächig begrenzten Formen aufzutreten; sie heissen amorph. Die zweite Gruppe hingegen bildet bei günstigen Wachsthumsumständen stets ebenflächig begrenzte Körper, während selbst bei gehindertem Wachsthum die Tendenz zu polyedrischer Gestaltung noch unverkennbar bleibt. Die hierher gehörigen Medien heissen krystallisirt, und je nach den Ausbildungszuständen treten sie als individualisirte Krystalle oder als krystalline Aggregate auf.

Die meisten Mineralien sind krystallisirt; nur wenige sind amorph, wie Opal, Bernstein, Asphalt.

1. Die Abhängigkeit des physikalischen Verhaltens krystallisirter Körper von der Richtung zeigt sich am auffallendsten in der Eigenschaft, nach ebenen Flächen zu spalten, d. h. nach gewissen Richtungen ein Minimum der Cohäsion zu besitzen. Bei amorphen Körpern kann sich niemals ebene Spaltbarkeit finden.

2. Obige Definition krystallisirter und amorpher Mineralien gründet sich auf unmittelbar wahrzunehmende Eigenschaften. Wenn man aber von bestimmten theoretischen Anschauungen über die innere Structur der Substanzen, von dem Aufbau aus Molekeln, ausgeht, so kann die Definition noch allgemeiner gefasst werden. Alsdann sind krystallisirte Substanzen solche, bei denen die Molekeln eine gesetzmässige und regelmässige (in verschiedenen Richtungen verschiedene, in parallelen Richtungen gleiche) Anordnung zeigen, während bei den amorphen die Aneinanderreihung der Molekeln eine ganz regellose ist.

Denkt man sich, um nichts Näheres über die Natur und Gestalt der Molekel aussagen zu müssen, den Krystall einfach aus Massenpunkten aufgebaut, so lässt sich, wie es Sohncke in einer grundlegenden Arbeit „Entwicklung einer Theorie der Krystallstructur, Leipzig 1879“ gethan hat, fast das ganze Gebäude der theoretischen Krystallographie aus der einzigen Annahme aufführen, dass um jeden Massenpunkt herum die Anordnung der übrigen dieselbe ist, wie um jeden anderen Massenpunkt. — Ohne selbst dieses Princip zum Ausgang unserer krystallographischen Darlegungen zu nehmen, werden wir doch öfters auf den engen Zusammenhang zwischen den krystallographischen Gesetzen und dieser Theorie hinzuweisen haben.

Der obigen Darlegung entsprechend, sind der Form nach drei Erscheinungsweisen der Mineralien zu unterscheiden und in diesem Abschnitt der Reihe nach zu behandeln:

1. die Formen der Krystalle;
2. die Formen der krystallinen Aggregate;
3. die Formen der amorphen Mineralien.

Die Formen der Krystalle haben für die Mineralien besondere Wichtigkeit. Sie sind die Individuen des Mineralreichs, ausgezeichnet durch ihre von bestimmten geometrischen Gesetzen beherrschte ebenflächige Umgrenzung. In ihren charakteristischen Polyedern sind nicht nur vortreffliche mineralogische Kennzeichen gegeben, sondern auch die besonderen Beziehungen, in denen die Form zur physikalischen und chemischen Beschaffenheit wie zur Molekularstructur steht, verkörpert. Daher wird die Lehre von der inneren Structur, der Form, den physikalischen Eigenschaften und der chemischen Constitution der Krystalle wohl als selbständige Wissenschaft, Krystallographie, behandelt.

Die Gestalten der krystallinen Aggregate und der amorphen Mineralien sind, weil mehr zufällig, im Allgemeinen wenig charakteristisch und bieten daher später nur zu kurzen Besprechungen Anlass. Sie sind durchweg gerundet im Gegensatz zu den polyedrischen Krystallen und hängen in ihrer Form vielfach ab von der Adhäsion der Umgebung, und ihrer Gegenwirkung, der Schwerkraft, ferner von der Menge vorhandener Substanz, von der Gestalt des Bildungsraumes etc.

1. Der Sprachgebrauch bezeichnet auch schon Bruchstücke von Krystallen, wenn nur ein Theil der Umgrenzung ebenflächig ausgebildet ist, als Krystalle. Gewisse Mineralogen legen bei der Definition von „Krystall“ allein Gewicht auf die physikalische Eigenart, indem sie die Abhängigkeit der ebenen Begrenzung von

den physikalischen Eigenschaften, bezw. der Molekularstructur betonen. Nach diesen Autoren würde also jedes Bruchstück, jeder Theil eines Krystalles, auch wenn er nichts mehr von einer gesetzmässigen Gestalt zeigt, noch als Krystall zu bezeichnen sein.

2. Ein bemerkenswerther Unterschied zwischen den Krystallen als Individuen des Mineralreiches und denen des Pflanzen- oder Thierreiches liegt darin, dass für erstere die Dimensionen kein Merkmal sind. Mineralindividuen können in winzigen, nur mikroskopisch wahrnehmbaren, dann aber auch in meterlangen, centnerschweren Krystallen auftreten, wie es gelegentlich Quarz, Feldspath, Beryll etc. thun.

3. Nicht nur die Mineralien liefern Krystalle, sondern solche finden sich auch an den im Laboratorium und in den Hütten künstlich hergestellten oder zufällig entstandenen Substanzen. Die gesetzmässige polygonale Umgrenzung ist eine Eigenschaft, die fast allen Körpern mit einheitlicher chemischer Zusammensetzung zukommt; daher greift die Krystallographie weit über die Mineralogie hinaus und in viele andere Wissenschaften ein.

I. Die Krystallformen.

(Geometrische Krystallographie.)

Literatur. V. v. Lang, Lehrbuch der Krystallographie. Wien 1866. — Mallard, Traité de Cristallographie. Paris 1879—1884. — Groth, Physikalische Krystallographie (zweite Abtheil.: Die geometrischen Eigenschaften der Krystalle). 3. Aufl. Leipzig 1895. — Nies, Allgemeine Krystallbeschreibung. Stuttgart 1895. — Liebisch, Geometrische Krystallographie. Leipzig 1881. — Liebisch, Grundriss der physikalischen Krystallographie. Leipzig 1896. — Linck, Grundriss der Krystallographie. Jena 1896. — Groth, Uebersichtstabelle der 32 Abtheilungen der Krystallformen. Leipzig 1892. — Wülfing, Tabellarische Uebersicht der einfachen Formen der 32 krystallogr. Symmetriegruppen. Stuttgart 1895.

Für die nachfolgenden Betrachtungen über die Krystallformen sehen wir von zufälligen Unvollkommenheiten der Ausbildung ab: wir **definiren die Krystalle** als ringum von ebenen Flächen begrenzte, homogene Körper, die sich in allen parallelen Richtungen gleich, in verschiedenen Richtungen im Allgemeinen jedoch physikalisch verschieden verhalten.

Es ist nun eine auf den ersten Blick auffallende Erscheinung, dass ein und dieselbe Mineralspecies bezw. chemische Substanz in Krystallen von verschiedener Form, Flächenzahl und Flächengestalt auftreten kann. Innerhalb der Mannigfaltigkeit der Erscheinungsweise hat aber die krystallographische Forschung im Laufe der Zeit einen geometrischen Zusammenhang entdeckt, der sich in den drei Gesetzen der Krystallographie ausspricht:

1. Gesetz der Winkelconstanz. Die von entsprechenden Flächen gebildeten Winkel an Krystallen der gleichen Substanz bleiben unverändert, unbekümmert um die Abänderungen, welche diese Flächen in ihrer Gestalt und ihren Dimensionen erfahren können.

2. Gesetz der rationalen Verhältnisse. Die zahlreichen an Krystallen derselben Mineralspecies auftretenden oder möglichen Flächen stehen in einer durch rationale Zahlen ausdrückbaren geometrischen Abhängigkeit von einander.

3. Gesetz der Symmetrie. Die einmal an einer Krystallform zum Ausdruck gelangte Symmetrie wird durch das Hinzutreten neuer Flächen nicht abgeändert.

Die Darlegung und Begründung dieser drei Gesetze, die den unterschiedlichen Krystallen derselben Mineralspecies bestimmte Beschränkungen hinsichtlich der Richtung, gegenseitigen Orientirung und Zahl der Flächen auferlegen, mit ihren Consequenzen für die geometrische Untersuchung und Beschreibung wie für die Classification der Krystalle bildet den eigentlichen Gegenstand der geometrischen Krystallographie.

Capitel I.

Das Gesetz der Winkelconstanz.

§ 1. Begrenzungsstücke der Krystalle. § 2. Das Gesetz und seine Folgerungen. § 3. Messinstrumente und Messmethoden.

§ 1. Die Krystalle werden von Flächen, Kanten und Ecken begrenzt. Flächen, Kanten und Ecken sind somit die Begrenzungsstücke der Krystallpolyeder, und zwischen ihnen besteht nach einem bekannten Satz von Euler bezw. Descartes die Beziehung

$$\text{F(lächen)} + \text{E(cken)} = \text{K(anten)} + 2.$$

An einem Krystall vorhandene Flächen, Kanten und Ecken heissen krystallographisch gleichwerthig, wenn sie sich physikalisch gleich verhalten. Bei idealer Krystallausbildung sind krystallographisch gleichwerthige Begrenzungsstücke auch geometrisch gleich.

Die Flächen eines Krystalls können Dreiecke (gleichseitige, gleichschenklige, ungleichseitige), Vierecke (Quadrate, Rechtecke, Rhomben, Parallelogramme, Deltoide, Trapeze), Pentagone, überhaupt die verschiedenartigsten Polygone sein.

Die Kanten bezeichnet man als Polkanten, wenn dieselben sich in den oberen und unteren Enden des Krystalls schneiden, als Mittelkanten oder Seiten, wenn sie dies nicht thun und zwischen den Krystallenden liegen.

Bei den Ecken unterscheidet man 2+1-kantige, 3+2-kantige, 4-kantige u. s. w. Ecken, je nachdem die Ecke von 2 gleichwerthigen und 1 ungleichen, von 3 gleichwerthigen und 2 davon verschiedenen Kanten, von 4 gleichen Kanten etc. gebildet wird.

Wichtiger als die Begrenzungsstücke werden am Krystall die Winkel, die als Flächen- und als Kantenwinkel zu unterscheiden sind, je nachdem es sich um Neigung von Flächen oder von Kanten handelt.

Unter der speciellen Bezeichnung Polkanten- und Seiten- oder Mittel-

kantenwinkel versteht man jedoch den Flächenwinkel, den die in den Pol- resp. Mittelkanten zusammenstossenden Flächen bilden und in diesem Sinne werden wir davon auch im speciellen Theil Gebrauch machen.

§ 2. Das Gesetz der Winkelconstanz. Wenn man verschiedene mit einander auftretende Krystalle desselben Minerales, etwa in einer Druse, betrachtet, so weichen dieselben gewöhnlich in ihrer Gesammtform und in dem Ausmaass ihrer Begrenzungsstücke nicht unwesentlich von einander ab. Alle weiteren Untersuchungen bestätigen diese Wahrnehmung und führen zu dem Erfahrungssatz, dass die Gestalt und die Dimensionen der Flächen, Kanten und Ecken für die geometrische Charakteristik der Krystalle einer Mineralspecies bedeutungslos sind. Misst man nun aber auch die Winkel, in denen zwei einander entsprechende Kanten oder Flächen verschiedener Krystalle desselben Minerales sich schneiden, so ergeben sich immer die gleichen Winkelgrössen.

Demnach ist die geometrische Beschaffenheit der Begrenzungsstücke für den Krystall unwesentlich, wohl aber sind es seine Winkel, die für dieselbe Mineralspecies constant sind. Dieser Erfahrungssatz wird das Gesetz der Winkelconstanz genannt und ist deswegen von grosser Wichtigkeit, weil er das sicherste Mittel zur Identificirung und Unterscheidung krystallisirter Substanzen gewährt.

1. In Folge des Gesetzes der Winkelconstanz ist es für die geometrische Betrachtung der Krystalle gleichgültig, in welchem Abstand die Flächen vom Mittelpunkt liegen. Die Flächen können parallel mit sich selbst verschoben werden; es kommt nur auf ihre Richtung an, während die Dimensionen der Flächen und Kanten, wie der Inhalt des Krystalls unwesentlich sind. Daraus geht hervor, dass die geometrische Betrachtung der Krystallformen nicht im Sinne der Stereometrie und nach den Methoden der analytischen Raumgeometrie zu erfolgen hat; rein geometrisch handelt es sich gar nicht um Körper, sondern um Flächenbündel und Büschel und deren gegenseitige Neigung.

2. Das Gesetz der Winkelconstanz wurde von dem Dänen Nicolaus Steno bei der Untersuchung von Quarzkrystallen aufgefunden (De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Florentiae 1669. „In plano axis laterum et numerum et longitudinem varie mutari, non mutatis angulis") und durch die zahlreichen, etwa 100 Jahre später fallenden Messungen von Romé de l'Isle (Essai de Cristallographie, 1772; Cristallographie, ou description des formes propres à tous les corps du règne minéral, 1783) bestätigt.

3. Das Gesetz gilt im Allgemeinen jedoch nur für bestimmte Temperaturen, welche Einschränkung zuerst von Mitscherlich 1823 gefunden wurde. Da bei krystallisirten Substanzen beim Erwärmen eine ungleiche Ausdehnung nach verschiedenen Richtungen stattfindet, so zeigen sich bei entsprechenden Winkeln kleine Differenzen, wenn sie bei verschiedenen Temperaturen gemessen sind. Meist sind diese Differenzen jedoch von solcher Kleinheit, dass sie praktisch vernachlässigt werden können.

Aus der Beständigkeit der Krystallwinkel folgt, dass man für die rein geometrische Betrachtung der Krystalle an Stelle der zufälligen, vom Wachsthum abhängigen Formen solche regelmässigen Polyeder sub-

stituiren kann, bei denen alle gleichwerthigen Flächen gleich weit von einem gemeinsamen Mittelpunkt liegen. Alsdann erlangen alle gleichwerthigen Flächen, Kanten und Ecken gleiche Grösse. Solchen Idealgestalten entsprechen die Krystallmodelle und Krystallabbildungen, die zum Studium und zur Darstellung der geometrischen Verhältnisse an den Krystallen dienen. Die natürlichen Krystalle zeigen nur ausnahmsweise die ideale Ausbildung, zumeist sind gleichwerthige Begrenzungsstücke ganz oder theilweise ungleich, und man bezeichnet derartige Krystalle wohl als verzerrt.

1. Die Fig. 1 u. 2 stellen zwei Quarzkrystalle, beide von denselben Flächen begrenzt dar. Fig. 1 giebt die ideale, Fig. 2 die verzerrte, aber gewöhnlichere Ausbildung. — Während nun die Dimensionen entsprechender Flächen an beiden Krystallen verschieden sind, sind die Winkel derselben, z. B. $p^{\vee}r$, $p^{\vee}z$, $r^{\vee}r$ etc. die gleichen geblieben.

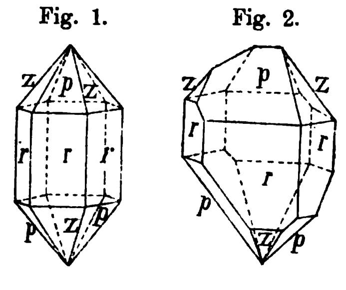


Fig. 1. Fig. 2.

2. Da für die Krystalle nicht die Zahl und Form ihrer Flächen und Kanten sowie deren Maasse, sondern allein deren Richtungen wesentlich sind, so werden die Aufgaben der geometrischen Krystallographie naturgemäss nicht nach den Regeln der Stereometrie oder der analytischen Geometrie des Raumes, sondern nach denen der sphärischen Trigonometrie gelöst. Die Geometrie der Krystalle ist eine solche der Kugeloberfläche, auf der die allein wesentlichen Richtungen der Flächen und Kanten als Seiten und Winkel sphärischer Dreiecke zum Ausdruck kommen.

§ 3. **Die Winkelmessung und Messinstrumente.** Die Richtung der Flächen und Kanten bezw. ihre gegenseitigen Winkel sind die einzigen constanten und wesentlichen Daten für die Krystallbeschreibung; auf Grund der Winkelmessungen ist die Identification jeder Krystallspecies zu ermöglichen. Daher gehört die Winkelmessung zu den wichtigsten Aufgaben des Mineralogen.

Da die Messung der Flächenwinkel mit Hülfe der gegenwärtig in Anwendung stehenden krystallographischen Messinstrumente weit genauer durchzuführen ist als die der Kantenwinkel, so haben die Flächenwinkel für die Krystallographie die grössere Wichtigkeit. Es ist klar, dass sich auf dem Wege der Rechnung aus den gemessenen Flächenwinkeln die Kantenwinkel herleiten lassen müssen, wie denn auch weiterhin die Flächenwinkel zur Ableitung aller übrigen, für die geometrische Charakteristik eines Krystalls erforderlichen Daten dienen müssen.

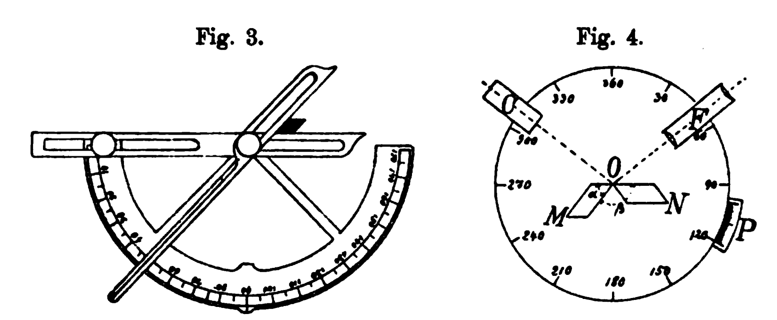
Die auftretenden Flächenwinkel lassen sich entweder direct messen oder man kann sie durch einfache Auflösung eines sphärischen Dreieckes aus gemessenen Winkelcoordinaten berechnen. Danach sind zwei Methoden zu unterscheiden.

A. Directe Methode. Messung der Flächenwinkel. Die hierfür in Betracht kommenden Instrumente sind zweierlei, je nachdem sie auf dem Contact oder auf der Reflexion beruhen.

1. Das Anlege- oder Contactgoniometer. Dasselbe wurde 1783 von Carangeot, welcher für Romé de l'Isle Thonmodelle anzufertigen hatte, construirt, und mit ihm wurden die grundlegenden Messungen Haüy's ausgeführt. Das Instrument (Fig. 3) besteht aus zwei scheerenartig beweglichen und gegen einander

verschiebbaren Stahlschenkeln, die mit einem Transporteur verbunden sind. (Bei der BRONGNIART'schen Abänderung können die Stahlschenkel vom Transporteur losgelöst werden.) Die Schenkel sind verschiebbar, damit Krystalle verschiedener Grösse bequem zu messen sind; sie sind an ihren Enden zugespitzt, damit man auch an in Drusen sitzende Krystalle herankommen kann. — Durch einfaches Anlegen der Stahlschenkel an die den gesuchten Winkel einschliessenden Flächen erlangt man den am Transporteur abzulesenden Winkel. Das Instrument ist nur zu annähernden

Fig. 3. Fig. 4.



(ca. ½ °) und Orientirungsmessungen verwendbar, giebt aber in geschickter Hand ganz gute Resultate.

Neuerdings kommen von PENFIELD aus Carton bezw. Celluloid construirte, sehr praktische Contactgoniometer in den Handel, die wegen ihrer Billigkeit leicht von jedermann angeschafft werden können.

2. Das Reflexionsgoniometer (Messung der Normalenwinkel). Dasselbe wurde 1809 von WOLLASTON erfunden. Das Princip geht aus Fig. 4 hervor. Ein Krystall *O M* ist auf einem getheilten Kreis (Limbus) derart befestigt, dass die Kante, in welcher die den zu messenden Winkel α bildenden Flächen zusammenstossen, genau im Mittelpunkt *O* des Theilkreises (Centrirung) und parallel dessen Umdrehungsaxe (Justirung) steht. Fällt durch das Rohr *C* ein Bündel paralleler Lichtstrahlen auf eine der Krystallflächen und wird dasselbe nach dem Beobachtungsrohr *F* reflectirt, so bedarf es, wie aus der Fig. 4 ersichtlich, nur einer Drehung des Theilkreises mit dem darauf befestigten Krystall um den Winkel β, damit auch die andere Fläche das Licht nach derselben Richtung reflectirt. Der Winkel β ergiebt sich aus der Differenz der beiden Ablesungen am Nonius *P* vor und nach der Drehung. Er ist gleich $180—\alpha$, also der Normalenwinkel der gesuchten Neigung. Die wesentlichsten Bedingungen, die bei einer solchen Winkelmessung mit dem Reflexionsgoniometer zu erfüllen sind, sind demnach: Genaue Centrirung und Justirung, sowie Parallelität der auffallenden Lichtstrahlen. Auf diese Punkte sind daher auch alle Verbesserungsbestrebungen der neueren Goniometer gerichtet.

Zur bequemen Centrirung und Justirung wird der Krystall nicht unmittelbar auf dem Theilkreis, sondern auf einer Schlittenvorrichtung befestigt, die auf einer durch den Mittelpunkt des Theilkreises hindurchgehenden beweglichen, aber jederzeit festzustellenden Axe sitzt. Die Schlittenvorrichtung rührt in ihrer einfachsten Gestalt von MITSCHERLICH her. Zwei rechtwinklig über einander gleitende Schlitten gestatten ein Verschieben der Krystallkante von rechts nach links und von vorn nach hinten. Auf diesen Schlitten, die die Centrirung bewirken, befinden sich zwei weitere halbkreisförmig ausgekehlte Schlitten, die unter Anwendung von Schrauben ein Aufrichten und Neigen des auf ihnen befestigten Krystalles gestatten, wodurch die Justirung ermöglicht wird.

Die richtige Centrirung und Justirung lässt sich durch das Beobachtungsfernrohr mit Fadenkreuz, das durch die vorzuschlagende Lupe in ein schwach vergrösserndes Mikroskop abgeändert wird, controliren.

Zur Erlangung parallel auffallender Lichtstrahlen musste bei der älteren Construction eine weit entfernte Marke, gewöhnlich ein Fensterkreuz, gewählt werden. Babinet führte statt dessen ein Collimatorrohr ein, bei dem ein durch eine Lampe beleuchteter Spalt sich im Brennpunkt einer Linse befindet, wodurch die austretenden Lichtstrahlen parallel gemacht werden. Der jetzt zumeist gebrauchte Websky'sche Spalt (Fig. 5) vereinigt in sich den Vorzug eines engen und weiten Spaltes. Zur Vermeidung des parallaktischen Sehens, wodurch ein wesentlicher Fehler in die Ablesungsresultate gelangen kann, wurde von Neumann und Kupffer ein Spiegel, Degen'scher Spiegel, dem Wollaston'schen Goniometer angefügt, bei den heutigen Constructionen bedient man sich eines von Malus zuerst eingeführten Beobachtungsfernrohrs mit Fadenkreuz, das auf unendliche Entfernung eingestellt ist. Von Babinet wurde dann noch statt des ursprünglich verticalen Theilkreises ein horizontaler gewählt (System Babinet im Gegensatz zum System Wollaston), wodurch die Stabilität erhöht wird und das Instrument auch bequem Verwendung zur Bestimmung von Brechungsindices finden kann.

Fig. 5.

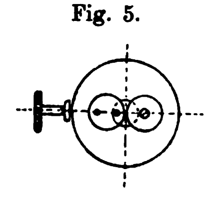
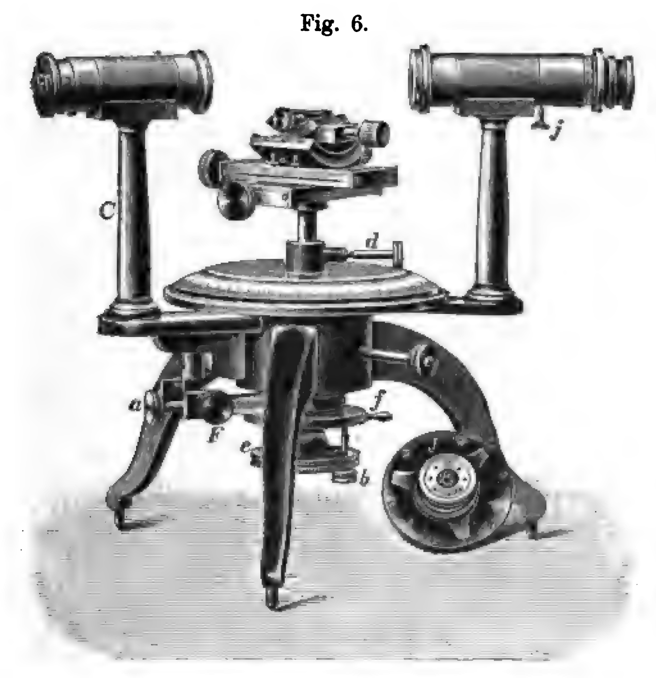


Fig. 6 stellt ein jüngst von der Firma R. Fuess in Steglitz construirtes einfaches Goniometer (Modell 4 a) dar, das für die meisten Zwecke vollständig ausreicht. Der Theilkreis ist in halbe Grade getheilt; die Nonien gestatten die Ablesung von

Fig. 6.



Minuten. Die Schraube *e* dient zur Auf- und Abwärtsbewegung des Krystallträgers, der in gewünschter Höhe mittelst der Schraube *b* mit dem Theilkreis fest verbunden werden kann. Der Theilkreis kann durch die Speichen *f* in seiner Ebene gedreht

werden. *a* und *F* dienen zur Klemmung bezw. Feinbewegung des Theilkreises. *J* ist eine Irisblende, die durch *j* eingestellt wird; *C* ist der Träger des Collimators.

Die **Messung** erfolgt im Dunkelzimmer, wodurch es möglich wird, auch Reflexe von schlecht spiegelnden und sehr kleinen Flächen zu erhalten. Zur Ausführung der Messungen klebt man mittelst Wachs den Krystall auf das obere Ende der die Schlitten tragenden Axe und bringt ihn in die Höhe des mit vorgeschlagener Lupe versehenen Beobachtungsfernrohrs; alsdann centrirt und justirt man die betreffende Krystallkante mittelst der durch Schrauben verstellbaren Schlitten. Dass genügend centrirt und justirt ist, erkennt man daran, dass bei einer Umdrehung der den Krystall tragenden Axe um einen Theil von 360° die Krystallkante sich fortwährend mit dem verticalen Faden des Fadenkreuzes deckt; die geringste Abweichung vom richtigen Justiren wird in der Folge an dem schiefen Vorbeigleiten des Reflexes vor dem Gesichtsfelde des Beobachtungsfernrohrs wahrgenommen. Nach genügender Centrirung und Justirung stellt man mittelst Schraube *b* die bisher benutzte Axe fest, so dass eine Drehbewegung des Krystalls nur noch bei gleichzeitiger Fortbewegung des Theilkreises möglich ist. Die bisherigen Operationen können im Tageslicht ausgeführt werden. Nunmehr wird im Dunkelraum der Spalt durch eine Lampe beleuchtet und durch Umdrehung des Theilkreises mit dem festgestellten Krystall um 360° jeder einzelne Lichtreflex im Fadenkreuz unter Anwendung von Feinstellschrauben festgehalten und jede Einstellung am Nonius abgelesen.

Anm. 1. Bei einer vollen Umdrehung um 360° müssen die Reflexe aller Flächen, deren Durchschnittskanten parallel mit der centrirten Kante sind, also alle tautozonalen Flächen durch das Gesichtsfeld gehen und man kann somit durch eine einzige Centrirung und Justirung sämmtliche Winkel einer Zone messen. Der Fehler, dass alsdann nur eine bestimmte Kante centrirt, die Durchschnittskanten der übrigen Flächen aber um ein Geringes ausserhalb des Centrums stehen, kommt bei der Parallelität der durch den Collimator auffallenden Lichtstrahlen gar nicht in Betracht.

Die Beobachtung am Goniometer ist, wie leicht einzusehen, ein ausgezeichnetes Mittel, um die Tautozonalität (s. S. 21) mehrerer Flächen zu prüfen.

Anm. 2. Nur selten erscheint der reflectirte Spalt einfach und scharf, meist hat man es mit mehreren und verschwommenen Reflexen zu thun. Das liegt an der Beschaffenheit der Krystallfläche, ob sie völlig eben, oder gestreift, geknickt etc. ist, sowie an der Breite der Flächen. Flächen, deren spiegelnde Breite 0,1 mm und darunter ist, geben lichtschwache und doppelte Reflexe.

Das Reflexionsgoniometer giebt im Gegensatz zum Anlegegoniometer bis auf die Minute genaue Resultate, vorausgesetzt, dass die spiegelnde Beschaffenheit der Flächen eine gute ist. Das wird im Allgemeinen eher bei kleinen als bei grossen Krystallen der Fall sein. Krystalle von wenigen Millimetern, ja von 1 mm Durchmesser gestatten noch gut die Messung. — Will man Winkel ebener, aber matter Flächen genauer messen, als es durch das Anlegegoniometer geschehen kann, so lässt sich dies erreichen durch Bekleben der Flächen mit Glasplättchen oder mittelst des Fuess'schen Fühlhebelgoniometers.

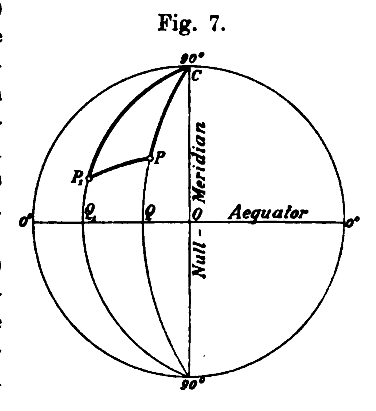
Anm. 3. Wie erwähnt, erhält man mit dem Reflexionsgoniometer nicht den im gewöhnlichen Sinn verstandenen, sogen. Euklidischen Winkel, sondern den von den Normalen der betreffenden Flächen eingeschlossenen Winkel, also das Supplement des gewöhnlichen, und da dieser sogen. Normalenwinkel für die Rechnung und die graphische Darstellung sich praktischer erweist, so findet man bei einzelnen Autoren für die auftretenden Flächenneigungen nur die Normalenwinkel angegeben. In diesem Buch sind bei allen Winkelangaben stets die gewöhnlichen, inneren, zu verstehen.

Ausführlicheres über Goniometer und Methode des Messens siehe: Kupffer, Handbuch der rechnenden Krystallonomie. 1831. — Websky, Zeitschrift für Kryst. IV, 545 ff. — Liebisch, Bericht über die wissenschaftlichen Instrumente der Berliner Gewerbeausstellung 1880. — Groth, Physikalische Krystallographie. 1895. III. Abth.

B. Indirecte Methode. Messung der Winkelcoordinaten (Positionswinkel). Das hierzu dienende Instrument heisst Theodolitgoniometer oder zwei-

kreisiges Goniometer. Das Verfahren beruht darauf, dass man an Stelle der Krystallflächen diejenigen Punkte substituirt, in denen die Flächennormalen eine um den Krystall gelegte Kugel durchstossen und diese, die Richtung der Krystallflächen unzweideutig bestimmenden Punkte mittelst der Theodolitmethode und unter Bezugnahme auf zwei feste Kreise (Aequator und Nullmeridian) nach Länge und Höhe einmisst; es ist also die Uebertragung der Ortsbestimmung auf der Erd- oder Himmelskugel auf die Krystallmessung. Man erhält so für jeden Punkt zwei Winkel, entsprechend der geographischen Länge und Breite, und kann durch Auflösung eines sphärischen Dreiecks jedesmal die Normalenwinkel zweier Krystallwinkel berechnen.

Fig. 7.



Für die durch P dargestellte Fläche (Fig. 7) erhält man durch Messung die beiden Winkelcoordinaten $PQ = \varphi$ und $OQ = \rho$, für P_1 die Winkelcoordinaten $P_1 Q_1 = \varphi_1$ und $OQ_1 = \rho_1$, alsdann sind in dem sphärischen Dreieck PCP_1 zwei Seiten, nämlich $CP = 90 - \varphi$ und $CP_1 = 90 - \varphi_1$, sowie der eingeschlossene Winkel $C = \rho - \rho_1$, bekannt und daraus berechnet sich die Seite PP_1, d. i. der Normalenwinkel dieser beiden Flächen.

Das **Instrument** besteht aus einem Reflexionsgoniometer in fester Verbindung mit einem senkrecht dazu gestellten Theilkreis. In der Czapski'schen Anordnung (Fig. 8) ist der durch Fernrohr F und Signalrohr C charakterisirte Goniometerkreis V vertical; er entspricht dem Meridiankreis; der horizontale Aequatorialkreis H umschliesst dagegen den zum Justiren mit Schlittenapparat versehenen Krystallträger.

Bei der **Messung** wird eine Fläche des Krystalls, möglichst eine herrschende Symmetriefläche dem Horizontalkreis parallel justirt und ihr Reflex mit dem um die Axe des Verticalkreises drehbaren Fernrohr aufgesucht und eingestellt. Die Ablesungen an beiden Theilkreisen geben die Nullpositionen. Durch Drehung des Krystallträgers gelingt es nun, alle übrigen Flächen senkrecht zum Verticalkreis zu bringen und deren Reflexe durch Auf- und Niederbewegung des Fernrohrs aufzufangen und im Fadenkreuz einzustellen; es wird also im Gegensatz zu dem gewöhnlichen einkreisigen Goniometer nicht der Reflex dem fixen Fernrohr zugeführt, sondern das Fernrohr und der mit ihm verbundene Collimator zum Aufsuchen des Reflexes um die Fläche gedreht. Die auf dem Horizontalkreis erforderliche Drehung giebt die Ablesung ρ (Länge), die Ablesung auf dem Verticalkreis den Winkel φ (Breite) für eine jede Fläche.

Die **Vortheile** dieser Messungsmethode bestehen darin, dass 1. für das ganze Durchmessen eines Krystalls nur eine einmalige Justirung erforderlich ist, dass 2. jede Fläche nur einmal zur Einstellung gelangt und dass 3. die Genauigkeit der gemessenen Winkel nur von der Ausbildung der betreffenden Flächen, nicht auch von der der Nachbarn abhängt. Dazu kommt noch die Unzweideutigkeit der Flächenposition und eine Vereinfachung in der Zählung und schliesslichen Rechnung.

Ausnutzung der Messungen. Die gemessenen Flächenpositionen (Längen und Breiten) werden in ein stereographisches Netz eingetragen, entweder nach Art von Fig. 9 oder Fig. 10. In Fig. 9 fällt der Nullmeridian nach Belieben mit dem Grundkreis des Bildes oder dessen verticalen Durchmesser zusammen, der Aequator entspricht dem horizontalen Durchmesser, die Zählung beginnt bei O. In Fig. 10 wird der Aequator durch den Grundkreis dargestellt und der Nullmeridian, von dem und

dem Mittelpunkt aus die Zählung beginnt, durch den horizontalen Durchmesser 0—180°. Aus den sphärischen Coordinaten ergeben sich die Dreiecke, aus denen

Fig. 8.

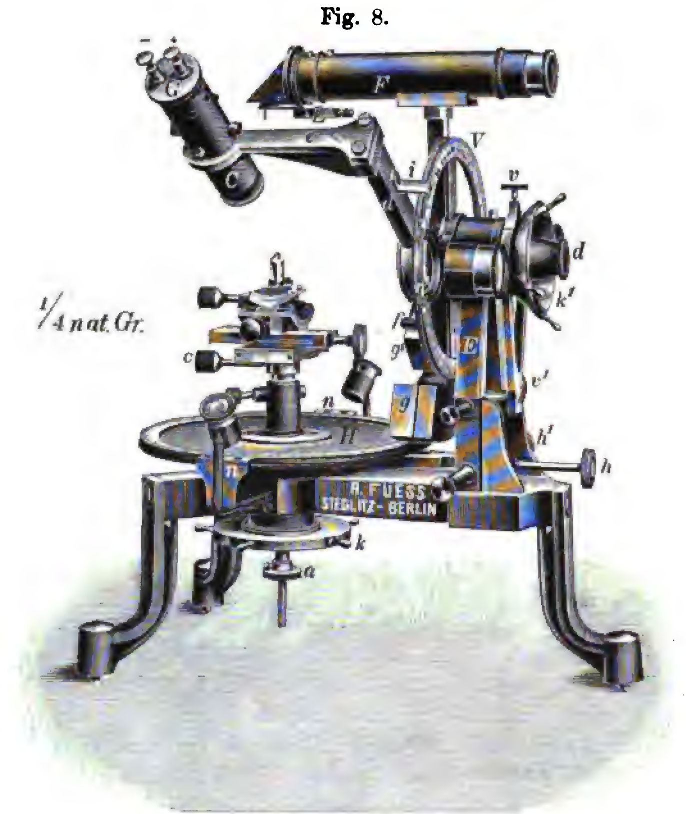
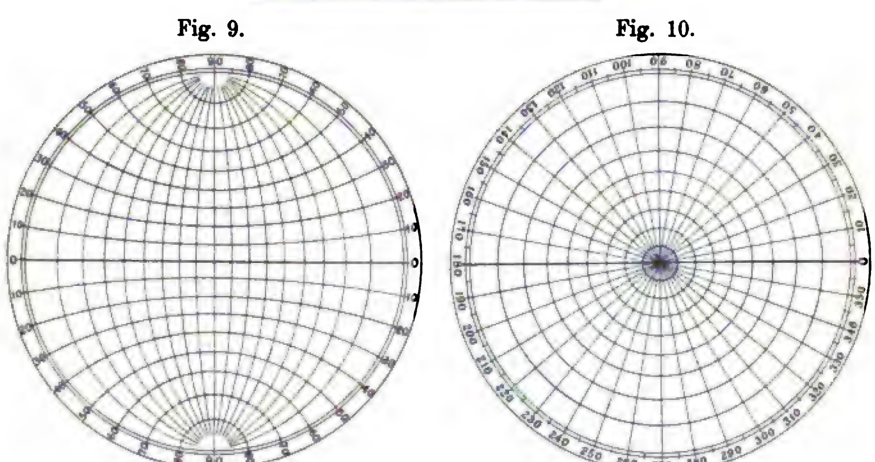


Fig. 9. Fig. 10.



die Normalenwinkel zwischen den einzelnen Flächen berechnet werden können, und diese dienen dann als Grundlage für die einzelnen Aufgaben der Krystallrechnung,

wie das in Cap. IV, § 4 näher ausgeführt ist. Man kann auch einen Theil der numerischen Rechnungen durch graphische Construction, durch eine der in Cap. IV, § 3 erläuterten Projectionen ersetzen, am einfachsten durch die gnomonische Projection. — Im Anschluss an diese Messungsmethode ist versucht worden, an Stelle der gewöhnlichen Winkeltabellen von Krystallen, die sphärischen Coordinaten der Flächenpositionen selbst in die Literatur einzuführen.

Literatur. V. Goldschmidt, Goniometer mit zwei Kreisen. Groth's Zeitschr. f. Kryst. XXI. 1893. S. 210. — E. v. Fedorow, Universal-(Theodolit-)Methode in der Mineralogie und Petrographie. Ibid. S. 574. — C. Leiss, Die optischen Instrumente der Firma Fuess. Berlin 1899.

Capitel II.

Gesetz der rationalen Verhältnisse oder Axenabschnitte.

§ 1. Erläuterung des Gesetzes, Parameter. § 2. Axensystem, Einheitsfläche, Krystallelemente. § 3. Coefficienten, Indices, Symbolisirung. Die Symbole von Weiss und Miller. § 4. Isoparametrische Flächencomplexe. Naumann's Formsymbol. § 5. Flächentypen.

§ 1. Die in der mannigfaltigen Lage von Flächen und Kanten zu Tage tretende Verschiedenheit von Krystallen der gleichen Mineralsubstanz erleidet eine wesentliche Einschränkung für die Flächen durch das Gesetz der rationalen Verhältnisse, für die Kanten durch das Zonengesetz. Beide Gesetze stehen indessen in engster gegenseitiger Abhängigkeit, so dass sie nur als verschiedener Ausdruck desselben Gesetzes anzusehen sind.

Nach dem Gesetz der rationalen Verhältnisse oder der rationalen Axenabschnitte können an den Krystallen nur solche Flächen auftreten, deren Axenabschnitte auf einem bestimmten, zu Grunde gelegten Coordinatensystem mit den Abschnitten aller übrigen Flächen derselben Krystallart in rationalem und zumeist sehr einfachem Verhältniss stehen.

Bezieht man nämlich, analog dem Verfahren der analytischen Geometrie, die an einem Krystall vorhandenen Flächen auf ein Coordinatensystem, welches jedoch nicht beliebig gewählt ist, sondern aus drei durch einen gemeinsamen Punkt gelegten, nicht parallelen Krystallkanten gebildet wird, so ist erfahrungsgemäss das Verhältniss der Abschnitte aller am selben Krystall auftretenden Flächen auf der gleichen Coordinatenaxe stets ein rationales.

Es ist üblich, die drei Coordinatenaxen in der Krystallographie a, b und c zu nennen, wobei der Brauch geübt wird, dass die auf den Beschauer zulaufende Axe (die Längsaxe) mit a, die quer verlaufende (Queraxe) mit b und die Verticalaxe mit c bezeichnet wird. Die Axenabschnitte selbst führen auch den Namen Parameter.

Seien die Coordinatenaxen a, b, c drei beliebige Krystallkanten, hervorgegangen aus dem Durchschnitte dreier nicht paralleler Flächen,

seien ferner H, K, L .... X Flächen desselben Krystalls und m, n, p; m_1, n_1, p_1, ... m_x, n_x, p_x (in beliebigem Maass ausgedrückt) der Reihe nach die Abschnitte dieser Fläche auf den drei Axen, so verhalten sich nach obigem Gesetz:

$$\left.\begin{array}{l} m : m_1 : m_2 \ldots\ldots : m_x \\ n : n_1 : n_2 \ldots\ldots : n_x \\ p : p_1 : p_2 \ldots\ldots : p_x \end{array}\right\} \begin{array}{l} \text{wie rationale Zahlen, z. B. wie} \\ 1 : 2 : 5 : \ldots \text{ oder} \\ {}^1/_2 : {}^1/_3 : {}^1/_4 \text{ etc.} \end{array}$$

Anm. Also nur die Abschnitte auf denselben Axen verhalten sich wie rationale Zahlen; das Verhältniss der Axenabschnitte auf verschiedenen Axen, also $m : n : p$, ist im Allgemeinen irrational.

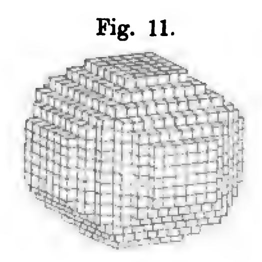
Die rationalen Zahlen als solche lassen allerdings noch einen sehr weiten Spielraum zu, wie denn durch sie mehr die überhaupt möglichen Flächen getroffen werden; eine weitgehende Einschränkung erleiden aber die wirklich auftretenden Flächen durch den allgemeinen Erfahrungssatz, dass diese rationalen Verhältnisse durchweg durch die einfachsten ganzen Zahlen, zumeist in der Zahlenreihe 1—10 liegend, ausgedrückt werden. Durch diese Beschränkung, wonach die Abschnitte sich wie ganze einfache Zahlen verhalten, liegt der besondere Werth für die praktische Krystallographie; es wird dadurch ermöglicht, die bei der Messung und durch schlechte Flächenausbildung entstandenen Fehler zu eliminiren.

1. Nach dem Gesetz der rationalen Axenabschnitte erscheinen die Krystalle als Polyeder ganz besonderer Art, die sich unter allen denkbaren Körpern durch diese besondere Eigenschaft herausheben. Nur polyedrische Formen, denen diese Eigenschaft anhaftet, können an Krystallen auftreten, daher finden sich beispielsweise von den fünf regelmässigen Körpern PLATO's Tetraeder, Oktaeder und Hexaeder unter den Krystallformen wieder, nicht aber das Dodekaeder und Ikosaeder.

2. Die Axen sind zum ersten Male im Jahre 1804 in die Krystallographie eingeführt worden durch CHRISTIAN SAMUEL WEISS bei Gelegenheit seiner gemeinsam mit KARSTEN vorgenommenen Uebersetzung des HAUY'schen Lehrbuches der Mineralogie. — Weil die alten Mineralogen keine Fachmathematiker waren, so decken sich die von ihnen in die Geometrie der Krystalle eingeführten Ausdrücke nicht immer mit entsprechenden, in der Mathematik üblichen Bezeichnungen.

3. Das Grundgesetz der rationalen Verhältnisse oder der rationalen Axenabschnitte oder der rationalen Kantenschnitte oder kurz das Parametergesetz, welches die Krystalle als ganz besondere Polyeder erscheinen lässt, ist zunächst ein reines Erfahrungsgesetz und zuerst von RENÉ JUST HAUY in den achtziger Jahren des 18. Jahrhunderts als eine Consequenz seiner theoretischen Vorstellung über den Aufbau der Krystalle ausgesprochen worden. Daher auch HAUY's Gesetz genannt. Nach dieser auf die Beobachtung der Spaltbarkeit gegründeten Vorstellung bestehen die Krystalle aus überaus kleinen congruenten Molekeln von für jede krystallisirte Substanz bestimmter Form, die zunächst die gleichgestaltete Primitivform aufbauen. Aus dieser gehen alle übrigen (secundären) Krystallformen durch eine an den Kanten oder Ecken eintretende Abnahme (Decrescenz) ganzer Molekelreihen und Schichten

Fig. 11.



hervor (Fig. 11); daher muss auch das Verhältniss der Kanten der abgeleiteten Form zu denen der ursprünglichen ein rationales bleiben. — ROMÉ DE L'ISLE hatte noch angenommen, dass die Modification der Primitivform in willkürlicher, wenn auch an derselben Mineralsubstanz in constant wiederkehrender Weise erfolge. Die Zurückführung der Flächen auf Axen und der dem entsprechende Ausdruck des Gesetzes als das der rationalen Axenabschnitte rührt von CHR. S. WEISS her.

Der Beweis, dass dieses Gesetz für jedes regelmässig parallelepipedisch angeordnete Punktsystem Gültigkeit hat, ist von SOHNCKE (WIEDEMANN's Annalen der Physik Bd. 16, S. 489) geführt worden.

§ 2. Zu Axen eines Krystalls kann man jede beliebigen 3, unter sich nicht parallelen Krystallkanten, welche man durch einen gemeinsamen, im Innern des Krystalls angenommenen Punkt legt, nehmen; man wird aber aus praktischen Gründen stets ein solches **Axensystem** wählen, welches bezüglich der Rechnung und der Symbolisirung (s. § 3) bestimmte Vortheile bietet und auch der Forderung des Symmetriegesetzes (Cap. V, § 3), dass gleichwerthige Flächen gleiche Axenabschnitte erzeugen, genügt.

Zur unzweideutigen Festlegung aller an einem Krystall auftretenden oder möglichen Flächen mit Bezug auf ein so ausgewähltes Axensystem genügt es offenbar, wenn man die Parameter einer einzigen (Ausgangs-) Fläche und ausserdem das Verhältniss kennt, in welchem die Parameter aller übrigen Flächen zu den Abschnitten der Ausgangsfläche stehen. Auf diesem Umstand beruht die **Symbolisirung** der Krystallflächen.

Nennt man beispielsweise die Axenabschnitte einer Fläche ABC auf den 3 Axen der Reihe nach a, b und c (Fig. 12), so lassen sich die jeder anderen Fläche HKL in der Form $m.a$, $n.b$, $p.c$ darstellen, wobei die Coefficienten m, n und p nach dem Parametergesetz einfache rationale Zahlen (seien es nun ganze Zahlen oder Brüche) sein müssen. In der Fig. 12 sind es Brüche, da die Fläche HKL kleinere Abschnitte hat.

Fig. 12.

Die Ausgangsfläche, welche die Parameter a, b und c geliefert hat, heisst die **Einheitsfläche**, weil ihre Coefficienten gleich 1 sind.

Das Parameterverhältniss der Einheitsfläche und die von den Axen eingeschlossenen Winkel, also $a : b : c$ und $b^{\vee}c = \alpha$, $a^{\vee}c = \beta$, $a^{\vee}b = \gamma$ bilden die sogen. **Krystallelemente** oder **geometrischen Constanten** der Mineralspecies.

Zur Einheitsfläche kann jede beliebige Krystallfläche, wenn sie nur alle 3 Axen schneidet, gewählt werden, man wird aber aus Zweckmässigkeitsgründen sie stets so wählen, dass die Coefficienten m, n und p aller übrigen Flächen möglichst einfach, d. h. klein werden.

§ 3. Damit sind wir zur krystallographischen **Bezeichnungsweise** der Flächen, zur **Symbolisirung** gelangt, deren Grundlage das Parametergesetz und die Bezugnahme auf eine Einheitsfläche bilden.

Giebt man das Zeichen einer gewöhnlichen Fläche derart an, dass man deren Axenabschnitte als **Multipla** der Axenabschnitte der Einheitsfläche darstellt, gewöhnlich in Form ganzer Zahlen, was durch Multipliciren des Doppelverhältnisses immer zu erreichen ist, so ist das die sogen. Weiss'sche **Schreibweise** oder die **Coefficientenbezeichnung**, die ganz allgemein die Form $ma : na : pc$ besitzt, wobei m, n und p alle möglichen einfachen **ganzen** Zahlen, ∞ eingerechnet, bedeuten. Da es sich nur um das Verhältniss handelt, so stellt auch die kürzere Form $a : mb : nc$ das allgemeine Zeichen einer Fläche dar.

Durch Division des Doppelverhältnisses $ma : nb : pc$, was geometrisch einer Parallelverschiebung der Krystallfläche entspricht, lässt sich dasselbe stets auf die Form $\frac{1}{h} a : \frac{1}{k} b : \frac{1}{l} c$ bringen, d. h. auf eine Form, bei der die Coefficienten als Brüche mit dem Zähler 1 erscheinen.

Die solcherart modificirte Weiss'sche Schreibweise bietet für die Rechnung Vortheile, steht deshalb viel im Gebrauch, wird aber für diesen Zweck noch in charakteristischer Weise abgekürzt. Man schreibt als das Zeichen einer Fläche nur die von einer Klammer umschlossenen sogen. **Indices** $(h k l)$, was zu keinen Missverständnissen Anlass geben kann, wenn man die Indices stets in derselben Reihenfolge aufführt, d. h. den ersten Index stets auf die Axe a, den zweiten Index stets auf b und den dritten Index auf c bezieht und sich dabei erinnert, dass es sich bei diesen Indices um Brüche mit dem Zähler 1 handelt. Die Schreibweise selbst heisst die **Indicesbezeichnung** oder, weil zuerst Miller ausgiebigen Gebrauch davon gemacht hat, auch die Miller'sche **Schreibweise**.

1. Die Indices h, k, l müssen ebenso wie die Coefficienten m, n, p einfache rationale Zahlen sein; daher auch Gesetz der rationalen Coefficienten oder der rationalen Indices.

2. Coefficienten und Indices verhalten sich umgekehrt proportional, gestatten also leicht eine wechselseitige Herleitung, z. B. das Weiss'sche Symbol $2a : 3b : 4c$ wird nach den Uebergängen

$$\frac{2}{2.3.4} a : \frac{3}{2.3.4} b : \frac{4}{2.3.4} c = \frac{1}{12} a : \frac{1}{8} b : \frac{1}{6} c$$

zu dem Miller'schen Zeichen (6 4 3); umgekehrt wird aus den Indices (1 2 3) die Coefficientenbezeichnung

$$\frac{1}{1} a : \frac{1}{2} b : \frac{1}{3} c = 6a : 3b : 2c.$$

Für den Coefficienten ∞ bei Weiss steht natürlich bei Miller der Index 0, denn $\infty = \frac{1}{0}$; z. B. $2a : b : \infty c = (1\,2\,0)$.

3. Durch das Hinzufügen der Richtungsvorzeichen zu den einzelnen Indices und Coefficienten wird die Lage der Flächen in den einzelnen Oktanten bestimmt. Dabei ist zu bemerken, dass das Vorzeichen + nicht geschrieben wird und das Vorzeichen — bei WEISS durch einen der betreffenden Axe angehängten Accent ausgedrückt wird. So liegt die Fäche $2a' : 3b : c' = (\bar{3}\, 2\, \bar{6})$ im rechten hinteren Oktanten unten, die Fläche $a : 4b' : 2c = (4\, \bar{1}\, 2)$ im linken, vorderen Oktanten oben etc.

4. WEISS hat seine Art der Flächenbezeichnung zuerst in einer Abhandlung über die krystallographische Fundamentalbestimmung des Feldspaths (Abhandl. d. Berliner Akademie d. Wissensch. 1816—1817) vorgeschlagen; die Bezeichnung der Flächen durch Indices wurde von WHEWELL 1825, unabhängig davon 1829 von GRASSMANN und ebenso von FRANKENHEIM angewendet, fand aber erst durch die krystallographischen Schriften W. H. MILLER's (A treatise on crystallography. Cambridge 1839) allgemeineren Eingang.

Das WEISS'sche und das MILLER'sche Symbol sind im Grunde genommen nur durch ihr äusseres Ansehen verschieden. Das WEISS'sche Zeichen ist anschaulicher, direct verständlich; das MILLER'sche Zeichen bedarf erst einer Abstraction, ist aber kürzer und unmittelbar für die Rechnung zu verwenden. Letzteres hat sich seiner Vorzüge wegen allmählich Bahn gebrochen, scheint jetzt aber in allen Literaturen mit Recht das herrschende zu werden.

Beide Schreibweisen sind Flächensymbole, d. h. sie liefern einen geometrischen Ausdruck für die einzelne Fläche. Nun treten aber an den Krystallen Complexe von Flächen auf und bilden die Krystallformen, und es hat seine besonderen Vorzüge, gleich eine ganze Krystallform durch ein einziges Zeichen auszudrücken. Ein solches Formsymbol ist das NAUMANN'sche Zeichen, das in der deutschen Literatur Jahrzehnte lang mit Vorliebe benutzt ist und auch jetzt noch viel gebraucht wird. Im Folgenden soll soweit darauf eingegangen werden, als zum allgemeinen Verständniss nöthig ist.

§ 4. NAUMANN's Bezeichnungsweise. Alle diejenigen Flächen eines Krystalles, die bei gleichen Parametern sich nur durch das Richtungsvorzeichen dieser Parameter unterscheiden, bilden einen isoparametrischen Flächencomplex. Das führt uns zu der NAUMANN'schen Schreibweise. Bei dieser Symbolisirung wird jeder isoparametrische Flächencomplex — von NAUMANN selbst „einfache Krystallform" genannt[1]) — durch ein einziges Zeichen ausgedrückt, und zwar werden alle übrigen Formen von jenem isoparametrischen Flächencomplex (der „Grundform" NAUMANN's) hergeleitet, dessen Parameter die Axenlängen a, b und c selbst sind. Indem NAUMANN die Grundform mit P (im regulären System mit O) bezeichnet, werden die Symbole der übrigen Formen desselben Krystalls dadurch erhalten, dass er dem Buchstaben P (oder O) die sogen. Ableitungszahlen in bestimmter Weise hinzufügt. Die Ableitungszahlen entsprechen den Coefficienten von WEISS, wenn dessen Zeichen derart umgewandelt wird, dass der Coefficient einer der beiden Axen a oder $b = 1$ wird. Der Coefficient der c-Achse wird alsdann stets

---

[1]) Wir werden weiter unten S. 38 eine andere, auf die Symmetrieverhältnisse gegründete Definition einer „einfachen Krystallform" zu geben haben.

vor P, der andere hinter P gesetzt und je nachdem er sich auf die Axe a oder b bezieht, dem P noch ein Zeichen $\smile$ oder — zugefügt. Im regulären System, wo $a = b = c$ ist, steht stets der grössere Coefficient vor, der kleinere hinter O.

Beispiel. Der isoparametrische Flächencomplex

$$a : b : c = (1\,1\,1) \qquad a : b : c' = (1\,1\,\bar{1})$$
$$a : b' : c = (1\,\bar{1}\,1) \qquad a : b' : c' = (1\,\bar{1}\,\bar{1})$$
$$a' : b' : c = (\bar{1}\,\bar{1}\,1) \qquad a' : b' : c' = (\bar{1}\,\bar{1}\,\bar{1})$$
$$a' : b : c = (\bar{1}\,1\,1) \qquad a' : b : c' = (\bar{1}\,1\,\bar{1})$$

wird von NAUMANN unter das eine Zeichen P zusammengefasst.

Der isometrische Flächencomplex, der sich von $2a : 3b : 4c = (6\,4\,3)$ ableitet, erhält nach NAUMANN das Zeichen

$$2\bar{P}\frac{3}{2} \text{ oder } \frac{4}{3}\breve{P}\frac{2}{3}, \text{ denn es ist}$$

$$2a : 3b : 4c = a : \frac{3}{2}b : 2c = \frac{2}{3}a : b : \frac{4}{3}c.$$

Das NAUMANN'sche Symbol (zuerst von NAUMANN in seinem „Grundriss der Krystallographie, Leipzig 1826" gebraucht) hat den Vortheil grosser Anschaulichkeit und Kürze, und ist deshalb viel angewendet worden und wird es auch noch. Seine Nachtheile bestehen darin: 1. es vereinigt unter ein Zeichen Flächen, die morphologisch völlig verschieden sind (cf. monoklines und triklines System); 2. es ist nicht immer consequent gebildet (skalenoedr. Bezeichnung) und fast jedes System hat seine, das Gedächtniss beschwerenden Besonderheiten; 3. es hat typographische Nachtheile. Letztere Nachtheile sind durch die DANA'sche Modification, die in der nordamerikanischen Literatur Eingang gefunden hat, beseitigt.

Um den Vortheil der NAUMANN'schen Schreibweise, durch ein einziges Symbol einen ganzen Flächencomplex zu bezeichnen, auch auf die WEISS'sche und MILLER'sche Bezeichnung auszudehnen, schliesst man das WEISS'sche Symbol in Klammern z. B. $(a : 3b : 5c)$, das MILLER'sche Symbol in $\{\ \}$ ein, z. B. $\{1\,2\,3\}$ und versteht alsdann diese Symbole im Sinne der NAUMANN'schen Formbezeichnung.

Ein ferneres Symbol, das namentlich bei französischen Mineralogen in Gebrauch steht, ist gleich dem NAUMANN'schen ein Formsymbol; es ist die von LÉVY (Description d'une collection des minéraux, formée par M. HEULAND. London 1837) vereinfachte alte HAUY'sche Schreibweise.

§ 5. Die Lage einer Fläche mit Bezug auf die 3 Axen kann eine dreifach verschiedene sein; die Fläche kann alle 3 Axen schneiden, sie kann einer Axe parallel laufen und sie kann schliesslich 2 Axen parallel laufen; eine weitere Möglichkeit existirt nicht. Danach kann man 3 Typen von Flächen unterscheiden:

1. Pyramiden- oder Oktaidflächen mit dem allgemeinen Zeichen $ma : nb : pc = (h\,k\,l)$, wo m, n und p von ∞, $h\,k\,l$ von 0 verschieden sind.

2. Prismen- oder Dodekaidflächen

$$\infty a : nb : pc = (0\,k\,l)$$
$$ma : \infty b : pc = (h\,0\,l)$$
$$ma : nb : \infty c = (h\,k\,0).$$

3. Pinakoid- oder Hexaidflächen

$$a : \infty b : \infty c = (1\,0\,0)$$
$$\infty a : b : \infty c = (0\,1\,0)$$
$$\infty a : \infty b : c = (0\,0\,1).$$

Capitel III.

§ 1. Zonen, Deduction. § 2. Zonengesetz.

§ 1. Von Krystallflächen, die sich in parallelen Kanten schneiden, sagt man, sie liegen in einer Zone oder sie seien tautozonal. Die Richtung der betreffenden Kante heisst Zonenaxe.

Ganz allgemein versteht man unter einer Zone den Complex aller Krystallflächen, die einer und derselben Kante parallel laufen.

Durch 2 Flächen — ausgedrückt durch ihre Indices — ist die Richtung der gemeinsamen Durchschnittskante, also einer Zonenaxe und somit eine Zone selbst bestimmt. Es müssen sich daher aus den Indices dieser Flächen Werthe herleiten lassen, die zur Fixirung der Richtung der gemeinsamen Durchschnittskante, der Zonenaxe, ausreichen. Diese Werthe heissen die Indices der Zone; dieselben werden zum Unterschiede von den Flächenindices in eckige Klammern [ ] eingeschlossen und müssen gleich den Flächenindices rational sein.

Ebenso ist die Lage einer Fläche bestimmt, wenn sie parallel 2 Kanten verläuft, also in 2 Zonen liegt. Aus den Indices zweier Zonen müssen sich demnach die Indices der in beiden Zonen liegenden Flächen herleiten lassen. Flächen und Zonen verhalten sich somit dualistisch.

Damit sind wir vor die Lösung zweier häufig vorkommenden Aufgaben gestellt, ohne Zuhülfenahme von Winkeln 1. die Indices einer Zone aus zwei durch ihre Indices gegebenen Flächen, 2. die Indices einer Fläche aus den Indices zweier Zonen, in denen die Fläche liegt, herzuleiten. Eine solche Herleitung von Flächen aus Zonen und umgekehrt ohne Verwendung von Winkeln heisst Deduction.

Die Lösung dieser beiden Aufgaben gelingt am einfachsten, wenn man die Bedingungsgleichung dafür aufstellt, dass eine Kante in einer Fläche liegt oder, was bei dem vorhandenen Dualismus ganz analog ist, dass eine Fläche in einer bestimmten Zone liegt.

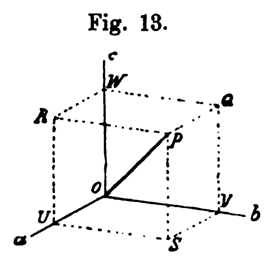
Sind (h k l) die Indices einer Fläche, [u v w] die Indices einer Zone, so lautet diese Bedingungsgleichung

$$\boxed{h \cdot u + k \cdot v + l \cdot w = o.} \quad \ldots\ldots \text{ Gleich. I.}$$

Die Herleitung dieser Gleichung, der sogen. Zonengleichung, findet sich in allen krystallographischen Lehrbüchern.

Die geometrische Bedeutung von u, v, w geht aus Fig. 13 hervor. Eine Zonenaxe ist nämlich ihrer Richtung nach vollständig bestimmt, sobald sie durch den Coordinatenanfang gelegt und das Verhältniss der Parallelcoordinaten irgend eines beliebigen Punktes P auf ihr bekannt ist. Die Parallelcoordinaten von P sind OU, OV, OW und das Doppelverhältniss OU : OV : OW dieser 3 Coordinaten wird durch das Zonensymbol [u v w] ausgedrückt. — Die Ableitung der Grössen u, v, w aus den

Fig. 13.



Indices von zwei sich in der Zonenaxe schneidenden Flächen bildet den Gegenstand der nachstehenden Aufgabe 1.

Obige Gleichung I lässt sich nun zunächst zur Prüfung verwenden, ob drei Flächen in eine Zone fallen oder was dasselbe ist, ob eine Fläche in einer bekannten Zone liegt, z. B. wenn es zu untersuchen gilt, ob die Fläche (1 2 1) in der Zone $[2\,1\,\bar{4}]$ liegt. Das ist der Fall, denn es ist

$$1 \,.\, 2 + 2 \,.\, 1 + 1 \,.\, \bar{4} = 0.$$

Jene Gleichung I lässt sich aber bei constanten h k l auch als **allgemeine Gleichung einer Krystallfläche** oder bei den dualistischen Beziehungen zwischen Fläche und Zone, wenn u v w als constant gelten, als **allgemeine Gleichung einer Zone** betrachten und es lässt sich demgemäss mit ihr operiren.

Aufgabe 1. Die Indices zweier Flächen (h k l) und $(h_1\, k_1\, l_1)$ sind gegeben, es sollen die Indices [u v w] der Durchschnittskante gefunden werden.

Auflösung:

$$\begin{array}{l} h\,.\,u + k\,.\,v + l\,.\,w = 0 \\ h_1\,.\,u + k_1\,.\,v + l_1\,.\,w = 0 \\ \hline \end{array}$$

$$u = \begin{vmatrix} k & l \\ k_1 & l_1 \end{vmatrix} = k\,l_1 - l\,k_1;\quad v = \begin{vmatrix} l & h \\ l_1 & h_1 \end{vmatrix} = l\,h_1 - h\,l_1;\quad w = \begin{vmatrix} h & k \\ h_1 & k_1 \end{vmatrix} = h\,k_1 - k\,h_1.$$

Aufgabe 2. Es sollen die Indices derjenigen Fläche (h k l) bestimmt werden, welche in den beiden bekannten Zonen [u v w] und $[u_1\, v_1\, w_1]$ liegt.

Auflösung:

$$\begin{array}{l} h\,.\,u + k\,.\,v + l\,.\,w = 0 \\ h\,.\,u_1 + k\,.\,v_1 + l\,.\,w_1 = 0 \\ \hline \end{array}$$

$$h = \begin{vmatrix} v & w \\ v_1 & w_1 \end{vmatrix} = v\,w_1 - w\,v_1;\quad k = \begin{vmatrix} w & u \\ w_1 & u_1 \end{vmatrix} = w\,u_1 - u\,w_1;\quad l = \begin{vmatrix} u & v \\ u_1 & v_1 \end{vmatrix} = u\,v_1 - v\,u_1.$$

Fig. 14.

Beispiel. Bei dem Orthoklaskrystall (Fig. 14) liegt die Fläche *n* in den beiden bekannten Zonen [*P M*] und [*T o*], es sollen die Indices von *n* bestimmt werden.

Die Indices von *P* sind (0 0 1)
" " " *M* " (0 1 0)
" " " *T* " (1 1 0)
" " " *o* " $(\bar{1}\,1\,1)$.

Daraus folgt für die Zone [*P M*]:

$$\begin{array}{c|cccc} 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ & & \times & \times & \times \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$u = 0\,.\,0 - 1\,.\,1 = \bar{1},\quad v = 1\,.\,0 - 0\,.\,0 = 0,\quad w = 0\,.\,1 - 0\,.\,0 = 0$$

ferner für die Zone [*T o*];

$$\begin{array}{c|cccc} 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \\ & & \times & \times & \times \\ \bar{1} & 1 & 1 & \bar{1} & 1 \\ \hline \end{array}$$

$$u_1 = 1\,.\,1 - 0\,.\,1 = 1,\quad v_1 = 0\,.\,\bar{1} - 1\,.\,1 = \bar{1},\quad w_1 = 1\,.\,1 - 1\,.\,\bar{1} = 2$$

und schliesslich für die Fläche *n*:

$$\begin{array}{c|cccc} \bar{1} & 0 & 0 & \bar{1} & 0 \\ & & \times & \times & \times \\ 1 & \bar{1} & 2 & 1 & \bar{1} \\ \hline \end{array}$$

$$h = 0\,.\,2 - 0\,.\,\bar{1} = 0,\quad k = 0\,.\,1 - \bar{1}\,.\,2 = 2,\quad l = \bar{1}\,.\,\bar{1} - 0\,.\,1 = 1.$$

Die Fläche *n* hat also die Indices (0 2 1).

Wenn an dem Orthoklas (Fig. 14) noch $k' = (\bar{1}\,0\,0)$ bekannt ist, so lassen sich in derselben Weise auch noch die Flächen *y*, *x*, *z'*, *q* aus dem Zonenverbande deduciren: es liegt

y in $[P k']$ und $[o n]$
x in $[P k']$ und $[o o']$
z' in $[T M]$ und $[o n']$
q in $[P k']$ und $[n z]$.

Aufgabe 3. Ein specieller Fall der Aufgabe 2 ist der, dass die Indices einer Fläche (h k l) gesucht werden, welche die Kante zweier anderen Flächen $(h_1 k_1 l_1)$ und $(h_2 k_2 l_2)$ gerade, d. h. unter gleichen Winkeln abstumpft.

Es ist dann $h = h_1 + h_2$; $k = k_1 + k_2$; $l = l_1 + l_2$.

In Fig. 15 (Combination eines Rhombendodekaeders mit einem Ikositetraeder) stumpft die Fläche b die Kante zwischen $a = (1\,0\,1)$ und $c = (1\,1\,0)$ gerade ab, folglich hat b das Zeichen (2 1 1).

Fig. 15.

Aufgabe 4. Aus obiger Gleichung I lässt sich nun auch die Bedingung herleiten, damit 3 Flächen (h k l), $(h_1 k_1 l_1)$ und $(h_2 k_2 l_2)$ in einer Zone liegen. Dann müssen die Gleichungen bestehen:

$$\begin{aligned} h\,.\,u + k\,.\,v + l\,.\,w &= 0 \\ h_1\,.\,u + k_1\,.\,v + l_1\,.\,w &= 0 \\ h_2\,.\,u + k_2\,.\,v + l_2\,.\,w &= 0 \end{aligned}$$

und daraus folgt, dass die aus den Flächenindices gebildete Determinante verschwinden muss, also

$$\begin{vmatrix} h & k & l \\ h_1 & k_1 & l_1 \\ h_2 & k_2 & l_2 \end{vmatrix} = 0$$

und aufgelöst, dass statthaben muss:

$$\boxed{h(k_1 l_2 - l_1 k_2) + k(l_1 h_2 - h_1 l_2) + l(h_1 k_2 - k_1 h_2) = 0.} \quad \text{Gleich. Ia.}$$

Beispiel. In Fig. 14 liegen die 3 Flächen $n = (0\,2\,1)$, $o = (\bar{1}\,1\,1)$ und $y = (\bar{2}\,0\,1)$ in einer Zone, folglich:

$$\begin{aligned} 0(1\,.\,1 - 1\,.\,0) + 2(1\,.\,\bar{2} - \bar{1}\,.\,1) + 1(\bar{1}\,.\,0 - 1\,.\,\bar{2}) &= 0 \\ 0 \quad - 2 \quad + 2 &= 0. \end{aligned}$$

§ 2. Wenn man 4 beliebige an einem Krystall auftretende Flächen, von denen nie je 3 in einer Zone liegen, zu Grunde legt, so lassen sich fortwährend auf dem Wege der Deduction aus den vorhandenen Durchschnittskanten neue Flächen und aus deren Durchschnittskanten wiederum neue Flächen u. s. f. herleiten. Die so deducirten Flächen sind mögliche Krystallflächen, denn ihre Indices werden, wie die Art der Herleitung zeigt, rationale sein müssen. In dieser Weise wird man im Stande sein, alle möglichen Flächen eines Krystalls zu deduciren, genau so, als wenn man in das allgemeine Symbol $ma : nb : pc$ für m, n und p alle rationalen Zahlen einsetzt. Der Beweis, dass alle Flächen, deren Indices rationale Zahlen sind, auch im Zonenverbande stehen, ist von Möbius [1]) geführt worden.

Diese Beziehung, dass alle an einem Krystall möglichen Flächen im Zonenverbande stehen, führt den Namen des „Zonengesetzes", das

[1]) Der barycentrische Calcül, 1827. Cf. Liebisch, Geometrische Krystallographie, p. 30.

ersichtlich nur ein anderer Ausdruck für das Gesetz der rationalen Indices ist und das sich in der einfachsten Form so aussprechen lässt: Flächen, die in 2 Zonen liegen, sind auch krystallographisch mögliche Flächen und umgekehrt sind auch Zonen, die aus dem Durchschnitt von 2 Krystallflächen hervorgehen, mögliche Kantenrichtungen. Der Beweis für diesen einfachen Ausdruck des Zonengesetzes geht unmittelbar aus der arithmetischen Herleitung der Flächen- und Zonenindices hervor. — Natürlich brauchen die an einem Krystall zufällig vorhandenen Flächen nicht derartig angeordnet zu sein, dass sie sich nun auch ohne Weiteres aus einander deduciren lassen und in unmittelbarem Zusammenhang stehen.

Da, wie Gleichung Ia zeigt, die Tautozonalität dreier Flächen allein abhängig ist von ihren Indices und nicht von den Axenlängen, so kann bei Temperaturänderung und jeder anderen homogenen Deformation an der Tautozonalität nichts geändert werden. Demnach bleiben die bei irgend welcher Temperatur bestehenden Zonen auch bei jeder anderen Temperatur als Zonen erhalten (Gesetz der Erhaltung der Zonen).

Der Begriff einer Zone wurde von Chr. S. Weiss in der oben erwähnten Uebersetzung des Haüy'schen Lehrbuches 1804 zuerst aufgestellt und dabei nachgewiesen, dass die bekannten Flächen des Feldspaths sich nach 4 Zonen gruppiren. Am Epidot zeigte dann Weiss 1806, dass aus 2 bekannten Zonen sich das Symbol einer Fläche herleiten lasse.

Das Zonengesetz und dessen Zusammenhang mit dem Gesetz der rationalen Axenabschnitte wurde von F. E. Neumann (De lege zonarum. Dissert. 1826) erkannt.

Von Liebisch[1]) wurde darauf hingewiesen, dass die von älteren Autoren (u. A. von Naumann) unter Benützung von Punktcoordinaten aufgestellte Gleichung einer Krystallfläche nicht naturgemäss sei, weil man in Wirklichkeit zur Fixirung von Krystallflächen nicht Punkte, sondern Zonen, d. h. Kanten verwende, und weil der vorhandene Dualismus zwischen Flächen und Kanten durch eine von Punktcoordinaten ausgehende Gleichung keinen entsprechenden analytischen Ausdruck finde. Denn eine Krystallfläche werde durch eine, eine Krystallkante aber durch 2 Gleichungen dargestellt. Dagegen entspricht die Gleichung $hu + kv + lw = o$ allen Forderungen, auch der des Dualismus; sie ist die Gleichung einer Fläche bei constanten h, k, l und die Gleichung einer Zone bei constanten u, v, w und somit gelten alle Rechnungen mit ihr sowohl für Flächen als für Kanten.

Capitel IV.

§ 1. Krystallabbildungen. § 2 und 3. Linear- und Kugelprojection. § 4. Die Aufgaben der Krystallberechnung.

§ 1. Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich die Wichtigkeit der Zonenverhältnisse für die Krystallbeschreibung und damit die Forderung,

[1]) Groth's Zeitschr. f. Krystallographie, 1877, Bd. 1, p. 132 ff.

bei allen Krystallabbildungen dieselben zum klaren Ausdruck zu bringen. Wenn es sich daher um perspectivische, den Eindruck des Körperlichen machende Zeichnungen handelt, so muss an ihnen der Zonenverband ersichtlich sein, d. h. die am Krystall parallelen Kanten müssen auch in der Abbildung parallel erscheinen. Das wird erreicht, wenn die Figuren als parallelperspectivische Ansichten entworfen werden. Zur Ausführung wird durchgehends das „axonometrische Zeichnen" gewählt, dessen Princip kurz folgendes ist.

Die erste Aufgabe ist die richtige Construction des Axenkreuzes, die nach den Regeln der darstellenden Geometrie erfolgt und bei der man von vornherein Festsetzungen über die Orientirung der Krystalle und der Sehstrahlen zur Bildebene (siehe Anmerkung) zu treffen hat. Alsdann trägt man der Reihe nach auf dieses Axenkreuz die durch das Symbol gegebenen Abschnitte der einzelnen Krystallflächen auf und erhält dadurch die Richtung der Durchschnittskanten aller an einander stossenden Flächen. Durch Parallelverschiebung kann man nun den Kanten und damit auch den Flächen die erforderlichen Abstände und Grössen, gleichwerthigen Kanten die gleiche Grösse geben.

Anm. Für die Construction des Axenkreuzes kommt es darauf an, ob irgend eine Axenebene mit der Bildebene zusammenfallen soll oder nicht, und man unterscheidet danach Horizontal-, Vertical- etc., bezw. schiefe Projection. Eine weitere Unterscheidung, durch welche die Krystallbilder verschiedener Autoren grundsätzlich von einander abweichen, besteht darin, ob die parallelen Sehstrahlen der Projection gerade oder schief auf die Bild-(Projections-)Ebene auffallen (Orthogonal- bezw. klinographische Projection).

Für die Construction der Kantenrichtungen ersetzt man zweckmässig die Einzelauftragung der Axenabschnitte durch eine von vornherein perspectivisch entworfene Linearprojection (s. § 2); man kann auch dazu die gnomonische Projection [1]) oder auch nur quadrirtes Papier [2]) benutzen.

Literatur. Naumann, Lehrbuch d. reinen u. angewandten Krystallographie. 1830. II. §§ 706 u. 707. — Weisbach, Anleitung zum axonometrischen Zeichnen. 1857. — v. Lang, Lehrbuch der Krystallographie. 1866. Cap. XI. — C. Klein, Einleitung in die Krystallberechnung. 1876. S. 381—393. — Websky, Anwendung der Linearprojection zum Berechnen der Krystalle. 1887. S. 32—48. — Liebisch, Geom. Krystallographie. 1881. Cap. IX. — Stan. Jolles, Orthogonale Projection krystallogr. Axensysteme. Groth's Zeitschr. 1894. XXII. S. 1 ff. — Groth, Phys. Krystallographie. 3. Aufl. 1895. S. 593—601.

Zum Zweck der Flächen- und Zonenübersicht, namentlich aber für die Zwecke der Krystallberechnung sind jedoch die schematischen Krystallprojectionen viel angemessener. Solcher Projectionen sind wesentlich zwei im Gebrauch:

1. die Linearprojection;
2. die Kugelprojection.

---

[1]) Goldschmidt, Ueber Krystallzeichnen. Groth's Zeitschr. 1891. XIX. S. 352 ff. — E. v. Fedorow, Ueber Krystallzeichnen. Ibid. 1899. XXX. S. 9 ff.

[2]) Nies, Allgemeine Krystallbeschreibung auf Grund einer vereinfachten Methode des Krystallzeichnens etc. Stuttgart 1895.

§ 2. Die Linearprojection (syn.: Quenstedt'sche Projection). Bei dieser denkt man sich sämmtliche Flächen eines Krystalls durch einen Punkt gelegt und das so gebildete Flächenbündel von einer Ebene, der Projections- oder Zeichenebene, geschnitten. Die Spuren der Flächen liefern alsdann die Projection.

Eigenschaften derselben: 1. Alle parallelen Flächen und ebenso alle parallelen Kanten fallen zusammen, somit wird jedes Flächenpaar durch eine einzige Linie, jede Zone durch einen einzigen Punkt, den Zonenpunkt, dargestellt. 2. Demnach müssen alle tautozonalen Flächen in der Projection durch einen, den zugehörigen Zonenpunkt laufen.

Aus praktischen Gründen wählt man gewöhnlich als Projectionsebene eine zur Verticalaxe senkrechte Ebene, die vom Coordinatenanfang des Axensystems um die Axenlänge c entfernt steht. Der Endpunkt der Axe c erscheint dann in der Projection als das Centrum derselben, während die Axen a und b als Linien in ihren richtigen Verhältnissen eingezeichnet werden.

Die Linearprojection eines Krystalls ist eine sehr einfache Aufgabe, sobald dieselbe aus gegebenen Axenabschnitten der einzelnen Flächen hergestellt werden soll oder — und dann ist sie besonders vortheilhaft — wenn ein Theil der Flächen aus den Zonen deducirbar ist. Alle Weiss-schen Flächenzeichen sind zu diesem Zweck derart umzuwandeln, dass der Factor von $c = 1$ wird, alsdann kann unmittelbar die Eintragung der Flächen auf den Projectionsaxen vorgenommen werden. Die Projectionslinien der Flächen von der Form $ma : nb : \infty c$, also parallel der Axe c verlaufende Flächen, gehen durch das Centrum parallel der Flächenspur $ma : nb : c$.

Fig. 17 ist die Linearprojection des Orthoklaskrystalles Fig. 16. Die Projectionsebene geht durch die Mitte des Krystalls senkrecht zur Verticalaxe TM, daher

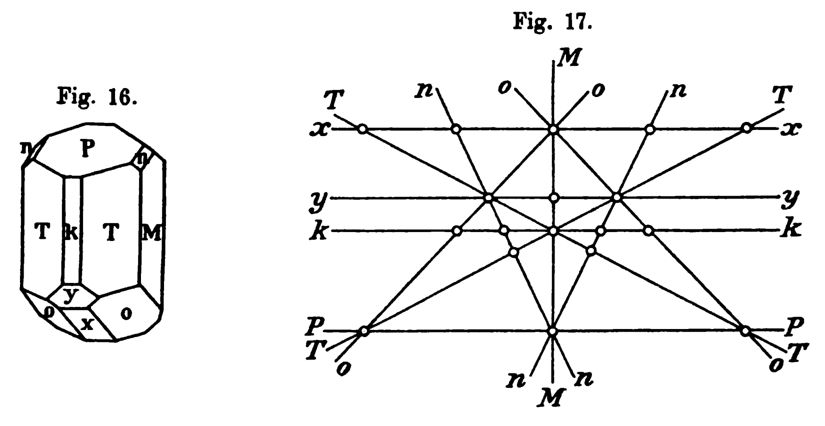


Fig. 16. Fig. 17.

müssen alle Flächen, die senkrecht auf M stehen, auch in der Projection senkrecht zur Projection M verlaufen, unter sich also parallel sein. Das gilt von den Flächen

Pkyx. — Alle übrigen Flächen, soweit sie in der Fig. 16 parallele Kanten bilden, müssen in der Projection durch einen gemeinsamen Zonenpunkt gehen. Aus der Fig. 17 ist unmittelbar ersichtlich, dass eine Reihe von Projectionslinien durch je 2 Zonenpunkte bestimmt ist.

Anleitung zur Linearprojection: QUENSTEDT, Grundriss der bestimmenden und rechnenden Krystallographie. Tübingen 1873. — WERNER, Leitfaden zum Studium der Krystallographie. Hannover 1867. — WEBSKY, Anwendung der Linearprojection zum Berechnen der Krystalle. Berlin 1887.

§ 3. Die Kugelprojection (syn.: stereographische oder MILLER'sche Projection, gnomostereographische Projection nach v. FEDOROW). Bei derselben sind 2 Operationen zu unterscheiden.

1. Man denkt sich den zu projicirenden Krystall in das Innere einer Kugel gestellt und von dem Mittelpunkt derselben auf jede einzelne Fläche Lothe gefällt. Die Durchstosspunkte dieser Lothe mit der Kugeloberfläche, die sogen. Flächenpole, sind die Projectionen der Flächen.

Daraus ergeben sich die Eigenschaften dieser Projection. 1. Alle Flächen werden durch Punkte dargestellt. 2. Die Pole aller tautozonalen Flächen liegen auf einem grössten Kreis, demnach werden also die Zonen durch grösste Kreise dargestellt. 3. Auf der Kugeloberfläche erscheinen die Krystallwinkel als deren Supplemente, in Gestalt sogen. Normalenbögen.

2. Die zweite Operation besteht darin, das Bild der Kugeloberfläche auf die Zeichenebene zu projiciren. Von allen Projectionsmethoden, durch die das Bild einer Kugeloberfläche auf eine Ebene reducirt werden kann, eignet sich für den vorliegenden Zweck am besten die stereographische Methode, weil nach dieser alle Kreise der Kugel auch in der Projection wieder als Kreise erscheinen, dieselbe also mit Hülfe des Zirkels ausgeführt werden kann. (Beweis dieser Eigenschaft der stereogr. Projection bei v. LANG S. 291, bei LIEBISCH, Geometrische Krystallographie, S. 117; cf. auch HENRICH, Krystallberechnung. Stuttgart 1886, S. 16.)

Zur Ausführung der stereographischen Projection denkt man sich das Auge in einem Punkt der Kugeloberfläche, die Zeichenebene aber durch den Kugelmittelpunkt derart hindurchgelegt, dass sie auf der Verbindungslinie des Augpunktes mit dem Kugelcentrum senkrecht steht. Die Sehstrahlen nach den einzelnen Flächenpolen ergeben deren Ort (Projection) auf der Zeichenebene. Alle Zonenkreise, die durch den Augpunkt gehen, erscheinen als Kreisdurchmesser, d. h. als Kreise mit unendlich grossem Radius. Diese Projection liefert demnach gewissermassen die Innenansicht einer Kugelhälfte.

Die Kugelprojection lässt sich einerseits aus den gegebenen Winkeln, den Flächenwinkeln (Normalenwinkel) sowohl wie den sphärischen Coordinaten (Positionswinkel), andererseits aus dem Axenverhältniss und den Indices construiren, wo in allen Fällen die Ausnutzung des Zonenverbandes die Aufgabe erleichtert. Die besonderen Vortheile liegen in der

Möglichkeit, die Projection successive aus den Winkeln entstehen zu lassen, wie diese sich bei der fortschreitenden Messung ergeben.

Da die stereographische Projection in späteren Capiteln Verwendung findet, so folgen hier die wichtigsten Regeln zur Lösung der Constructionsaufgaben auf Grund der Normalenwinkel. Wie die Projection bequem aus den bei der zweikreisigen Messung erhaltenen Positionswinkeln construirt wird, zeigte Goldschmidt [1]). Die mechanische Ausführung geschieht, wie schon bemerkt, mittelst Zirkels und Lineals und zweckmässig für die Zonenkreise mit ihrem wechselnden Radius mittelst des Curvenlineals; ausserdem ist ein Transporteur nöthig.

Die Grundlage für die Lösung der meisten Aufgaben bilden 2 Probleme:

1. Den Pol eines Zonenkreises zu construiren, d. h. die Projection des Punktes zu finden, in dem das auf der Ebene des Zonenkreises in dessen Mittelpunkt errichtete Loth die Kugel durchstösst.

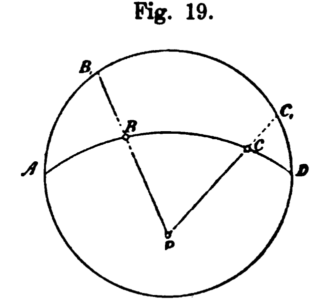
Auflösung (Fig. 18). Man zieht zu dem Zonenkreis AB den senkrechten Durchmesser DQP, verbindet A mit Q und verlängert bis Q_1. Den Bogen Q_1P_1 macht man gleich 90° und verbindet P_1 mit A. Dann ist P der gesuchte Pol des Zonenkreises AB.

2. Auf einem beliebigen Zonenkreis einen gemessenen Winkel anzutragen.

Auflösung (Fig. 19). Man construirt für den Zonenkreis ABD den zugehörigen Pol P. Von B aus soll der Winkel α angetragen werden. Zu dem Behuf

Fig. 18.

Fig. 19.



zieht man PB und verlängert bis B_1. Der Bogen B_1C_1 wird gleich α gemacht. C_1 verbindet man mit P. Der Bogen BC entspricht dem gemessenen Winkel α.

Anm. Die Beweise für die beiden eben gegebenen Constructionen sind einfach; vgl. deswegen v. Lang, Krystallographie §§ 83 u. 84, sowie Henrich, Krystallberechnung S. 18 ff.

Für die specielle Verzeichnung der Zonenkreise und Flächenpole gelten die nunmehr leicht verständlichen Regeln:

a) Verzeichnung der Zonenkreise.

1. Zum Grundkreis kann jede beliebige Zone gewählt werden, zumeist nimmt man dazu die der Verticalaxe.

2. Jeder Zonenkreis schneidet den Grundkreis in den Enden eines Durchmessers des letzteren.

---

[1]) V. Goldschmidt, Ueber stereographische Projection. Groth's Z. f. K. XXX. 1899. S. 260 ff.

3. Alle Zonenkreise, die senkrecht auf dem Grundkreis stehen, gehen durch dessen Mittelpunkt und werden zu Durchmessern.

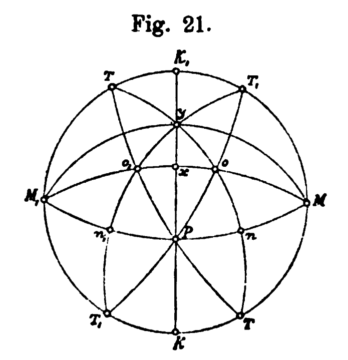
4. Bekanntlich kann man jeden Kreis aus 3 auf ihm liegenden Punkten construiren. Für die Construction eines Zonenkreises reichen im Allgemeinen schon 2 Punkte (Flächenpole) aus, da ja der Zonenkreis auch durch die diametral gegenüberliegenden Punkte gehen muss. Sind also 2 Flächenpole gegeben und soll der zugehörige Zonenkreis gezeichnet werden, so hat man nur für einen der beiden Flächenpole den entgegengesetzten Pol zu bestimmen, um die 3 für die Construction eines Kreises erforderlichen Punkte zu erlangen.

Am einfachsten ist dies, wenn einer der beiden Punkte auf dem Grundkreis liegt. Dann ist der dritte Punkt der auf dem Grundkreis diametral gegenüberliegende. In allen anderen Fällen wird die Aufgabe, zu einem Flächenpol den entgegengesetzten zu finden, durch folgende Construction gelöst (Fig. 20).

Man verbindet P (den Flächenpol, zu dem der entgegengesetzte gefunden werden soll) mit dem Mittelpunkt C des Grundkreises und verlängert darüber hinaus.

Fig. 20.

Fig. 21.



Auf dieser Linie errichtet man in C ein Loth, das den Grundkreis in A schneidet. A wird mit P verbunden und bis B verlängert; von B zieht man über C nach D. Der Schnittpunkt der Linien AD und PC liefert den gesuchten entgegengesetzten Pol $P_{,}$.

b) Verzeichnung der Flächenpole.

Hier giebt es 3 Möglichkeiten:

1. Die Fläche liegt in 2 bekannten Zonen; alsdann liefert der Durchschnitt der beiden Zonenkreise den gesuchten Flächenpol.

2. Die Fläche liegt in bekannter Zone und bildet mit einer Fläche dieser Zone den Winkel α.

Sofern die bekannte Zone der Grundkreis ist, wird der Flächenpol direct durch Eintragen des Bogens α erhalten; für jeden anderen Zonenkreis wird die Aufgabe durch Fig. 19 gelöst, indem man erst den Pol des Zonenkreises construirt und mit Hülfe desselben den auf dem Grundkreis angetragenen Winkel auf den Zonenkreis reducirt.

3. Die Fläche liegt in keiner bekannten Zone, wohl aber sind die Winkel α und β bekannt, die sie mit den beiden Polen A und B bildet.

Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass man sowohl durch A wie durch B 3 beliebige grösste Kreise legt und auf diesen von A aus dreimal den Winkel α und ebenso von B aus dreimal den Winkel β abträgt. Dadurch erhält man zweimal 3 Punkte, durch die je ein Kreis zu construiren ist. Der Durchschnitt beider Kreise liefert den gesuchten Pol.

Fig. 21 giebt die Kugelprojection des in Fig. 16 dargestellten Orthoklaskrystalles und ermöglicht somit einen Vergleich mit der Linearprojection Fig. 17. Alle Zonen erscheinen hier als Kreisstücke, die Zone [$k\,P\,x\,y$] wird zur geraden Linie, weil sie senkrecht auf der Projectionsebene steht.

Anm. Beide schematische Krystallprojectionen haben für besondere Zwecke ihre besonderen Vorzüge. Die Linearprojection ist leichter verständlich und anschaulicher, und wenn einmal das Axenverhältniss gegeben ist, leicht zu construiren. Man kann unmittelbar die Flächensymbole ablesen, ebenso lässt sie sich bequem als Ausgang für die Zeichnung der im § 1 erwähnten Krystallbilder benutzen (indem man nämlich eine perspectivische Linearprojection entwirft). Die Kugelprojection gewährt dagegen den grossen Vorzug, dass sie alle Winkel enthält und dass man, ohne etwas von den Axenverhältnissen oder den Flächenindices zu wissen, ja ohne Kenntniss des Krystallsystems, allein aus den gemessenen Winkeln Flächenpol nach Flächenpol construiren und aus der allmählich entstehenden Projection alle Verhältnisse, auch das Krystallsystem, ableiten kann. Für die Krystallberechnung giebt sie unmittelbar alle nöthigen sphärischen Dreiecke. Die Winkel dieser sphärischen Dreiecke entsprechen den Kantenwinkeln, die Seiten derselben den Flächenwinkeln am Krystall. Daher wird der messende und rechnende Krystallograph diese Projectionsmethode trotz des Mangels direct ablesbarer Flächensymbole vorziehen, während als Uebersicht über die bereits erkannten Zonen- und Symmetrieverhältnisse die Linearprojection ihre Vortheile hat.

Der geistige Urheber sowohl der Linear- wie der Kugelprojection ist F. E. Neumann (Beiträge zur Krystallonomie, 1823). Für krystallographische Zwecke wurde die Linearprojection zuerst von G. Rose benutzt. Die consequente Entwicklung und systematische Anwendung ist jedoch auf Quenstedt zurückzuführen (cf. mehrere Schriften, namentlich Grundriss der bestimmenden und rechnenden Krystallographie. Tübingen 1873). Eine gleiche Bedeutung wie Quenstedt hat Miller (A Treatise on Crystallography. Cambridge 1839) für die Kugelprojection.

Die Literatur über die Kugelprojection ist zusammengestellt bei V. Goldschmidt, Ueber stereographische Projection. Groth's Z. f. K. XXX. 1899. S. 260 u. 261.

Ausser den beiden vorstehend beschriebenen Projectionen und dem auf S. 13 u. 14 erwähnten stereographischen Netz finden wohl noch für besondere Zwecke zwei weitere Methoden gelegentlich Anwendung:

1. Die gnomonische Projection entspricht der stereographischen Projection, nur werden die Flächennormalen nicht auf einer Kugel, sondern auf einer beliebigen, meist einer Krystallfläche parallelen Projectionsebene, die zugleich die Bildebene ist, aufgefangen. In Folge dessen erscheinen die Krystallflächen durch Punkte, die Zonen und Kanten aber durch gerade Linien dargestellt. Das Zonensymbol ist direct abzulesen, das Flächensymbol wird in bekannter Weise (S. 22, Aufgabe 2) berechnet. Diese Methode hat neuerdings Bedeutung gewonnen, weil sie sich der Messung mit dem zweikreisigen Goniometer und der Rechnung mit Positionswinkeln organisch anschliesst [1]).

2. Die grammastereographische Projection (v. Fedorow, von Goldschmidt cyclographische Projection genannt). Bei dieser werden alle Krystallflächen wie bei der Linearprojection durch einen Punkt gelegt und alsdann, analog mit der Kugelprojection, mit einer um den Krystall construirten Kugel zum Durchschnitt gebracht. Die solchergestalt erhaltene Kugel wird stereographisch auf die Ebene projicirt. Die Flächen stellen sich dann als grösste Kreise, die Zonen bezw. Kanten als Punkte dar [2]).

---

[1]) V. Goldschmidt, Krystallographische Projectionsbilder. Berlin 1887. — Ders., Goniometer mit 2 Kreisen. Groth's Z. f. K. XXI. 1893. S. 210 ff. — Ders., Ein Projectionsgoniometer. Z. f. K. XXV. 1896. S. 538 ff. und andere Schriften desselben Verfassers.

[2]) Bilder dieser Projectionsmethode s. bei Klockmann, Zwillingsverwachsungen des Orthoklases etc. Groth's Z. f. K. VI. 1882. Taf. X.

Aus der gegebenen Darstellung geht hervor, wie die eben erwähnten beiden Methoden in einer Art reciproken Verhältnisses zu der Kugel- und Linearprojection stehen.

§ 4. Die Aufgaben der Krystallberechnung. Die eben besprochenen Projectionen leiten über zur Krystallberechnung, für welche sie unentbehrlich sind. Ein Krystallflächencomplex ist vollständig bekannt, wenn man die Winkel, die Indices und die Krystallelemente kennt. Dadurch sind die 3 Hauptaufgaben der rechnenden Krystallographie formulirt, nämlich:

1. Berechnung der Winkel von Flächen und Kanten aus gegebenen Indices und Elementen;

2. Berechnung der Indices der Flächen aus ihren Neigungen zu bekannten Flächen und aus gegebenen Elementen;

3. Berechnung der Elemente.

Dazu treten dann noch als Nebenaufgaben: die Umrechnung der Elemente und Indices bei Annahme eines anderen Axenkreuzes (Transformationsrechnung) und die Bestimmung der Zwillingsfläche bezw. -Axe.

Alle diese Aufgaben lassen sich entweder numerisch durch Rechnung oder graphisch durch Construction lösen. Die graphische Berechnungsart bietet grosse Vortheile hinsichtlich der Einfachheit und geringeren Zeitaufwandes und ist neuerdings namentlich in Anschluss an die Messung mit dem Theodolitgoniometer von v. Federow und Goldschmidt ausgebildet [1]). Für gewöhnlich wird aber die Rechnung numerisch auf Grund gemessener Flächenwinkel durchgeführt. Man kann dabei in doppelter Weise zu Wege gehen: entweder lassen sich die Aufgaben unter Zugrundelegung eines Axensystems (den krystallographischen Axen) auf solche der analytischen Geometrie zurückführen (daher analytische Methode) oder sie lassen sich unabhängig von einem Coordinatensystem durch Auflösung der sphärischen Dreiecke, wie sie die Kugelprojection giebt, lösen (trigonometrische Methode). Beide Methoden sind ausgebaut worden (erstere von Naumann, letztere von Miller) und haben ihre besonderen Vorzüge. Bei der praktischen Durchführung einer Krystallberechnung wird man sie meist neben einander anwenden. — Im Nachstehenden sollen die wichtigsten Sätze der Krystallberechnung mitgetheilt und kurz der Weg angedeutet werden, wie sich jene 3 Aufgaben ganz allgemein lösen lassen.

Aufg. 1 u. 2. Die Lösung dieser beiden Aufgaben ergiebt sich in überaus einfacher Weise aus der merkwürdigen Beziehung der Winkel und Indices von 4 in einer Zone gelegenen Flächen, die die gegenseitige

---

[1]) v. Fedorow, Universal-(Theodolit-)Methode in der Mineralogie und Petrographie. Groth's Z. f. K. XXI. 1883. S. 574 ff. — V. Goldschmidt, Ueber Projection und graphische Krystallberechnung. Berlin 1887.

Berechnung von Winkeln und Indices gestattet, ohne dass man die Axenelemente nöthig hätte.

Fig. 22.

Dieses sogen. zonale Rechnen ist um so bequemer, als es sich unmittelbar dem zonalen Messen anschliesst. Die genannte Beziehung fliesst aus dem Gesetz der rationalen Indices oder ist geradezu wie das Zonengesetz nur ein anderer Ausdruck desselben. Wie GAUSS [1]) zuerst gefunden hat, lässt sich als Consequenz dieses Gesetzes das Doppelverhältniss (sogen. anharmonisches Verhältniss) der Sinusse der Winkel zwischen 4 tautozonalen Flächen P, Q, R, S (Fig. 22) unmittelbar durch ihre Indices ausdrücken

$$\frac{\sin PR}{\sin QR} : \frac{\sin PS}{\sin QS} = \frac{[PR]}{[QR]} : \frac{[PS]}{[QS]} \quad . \; . \; . \quad \text{Gleich. II.}$$

in welcher Gleichung $[PR]$, $[QR]$, $[PS]$, $[QS]$ die auf S. 22 unter Aufgabe 1 erläuterte Bedeutung haben und PR, QR etc. die Normalenwinkel der betreffenden Flächen sind.

Sind die Indices der Fläche $P = (p_1 p_2 p_3)$, der Fläche $R = (r_1 r_2 r_3)$, so kann man für $[PR]$ beliebig einen der 3 Werthe $p_2 r_3 - p_3 r_2$ oder $p_3 r_1 - p_1 r_3$ oder $p_1 r_2 - p_2 r_1$ setzen, muss dann aber für $[QR]$, $[PS]$, $[QS]$ die entsprechenden Werthe verwenden.

Daraus ergiebt sich die Möglichkeit, 1. aus den Indices von 4 tautozonalen Flächen und 3 Winkeln den unbekannten vierten Winkel und 2. aus den Winkeln zwischen 4 tautozonalen Flächen und den Indices von 3 Flächen die unbekannten Indices der vierten Fläche zu berechnen. — In gleicher Weise lässt sich bei dem Dualismus zwischen Flächen und Kanten eine Gleichung für Kantenwinkel und Kantenindices aufstellen.

Diese Beziehung zwischen Indices und Winkeln ist deswegen besonders praktisch, weil sie sich durchaus der Art der Messung, die ja zonenweise erfolgt, anpasst und auch sonst wird man bei einer zusammenhängenden Krystallberechnung in der Lage sein, eine Fläche, deren Winkel oder Indices man sucht, als vierte in eine bekannte oder durch Rechnung zu bestimmende Zone zu bringen.

Durch Umformung lässt sich Gleichung II auf eine für die Rechnung bequemere Form bringen (Gleichung III), wodurch auch gleichzeitig, wenn auch nur scheinbar, ein Winkel unterdrückt wird

$$\frac{\cot PR - \cot PS}{\cot PQ - \cot PR} = \frac{[PR]}{[QR]} : \frac{[PS]}{[QS]} \quad . \; . \quad \text{Gleich. III.}$$

oder noch zweckmässiger auf die Form:

[1]) Cf. LIEBISCH, Geom. Kryst. S. 38.

$$\frac{\cot\omega_1 - \cot\omega_2}{\cot\omega_1 - \cot\omega_3} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1 - \mu_3} \cdot \frac{\mu_0 - \mu_3}{\mu_0 - \mu_2} = \frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_1 - \nu_3} \cdot \frac{\nu_0 - \nu_3}{\nu_0 - \nu_2} \quad \text{. Gleich. IV.}$$

wo $\omega_1 = P^\vee Q$, $\omega_2 = P^\vee R$, $\omega_3 = P^\vee S$
und $(\mu_0\,\nu_0\,1)$ die Indices sind von P
$(\mu_1\,\nu_1\,1)$ „ „ „ „ Q
$(\mu_2\,\nu_2\,1)$ „ „ „ „ R
$(\mu_3\,\nu_3\,1)$ „ „ „ „ S

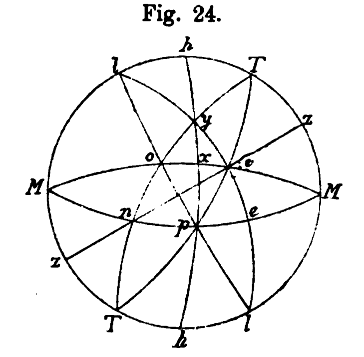
(Es sind demnach die Indices der Flächen P, Q, R, S auf eine solche Form gebracht, dass der dritte Index = 1 ist.)

Beispiel 1. Am Albit (Fig. 23), dessen Kugelprojection Fig. 24 ist, liegen die 4 Flächen l (1 1 0), e (0 2 1), v ($\bar{1}$ 1 1) und y ($\mu_3\,\nu_3$ 1) in einer Zone, bekannt die Winkel $l^\vee e = 51^\circ 18'$, $l^\vee v = 94^\circ 57'$ und $l^\vee y = 134^\circ 15'$, es sollen die Indices von y berechnet werden. Es sind:

$\cot\omega_1 = \cot le = 0{,}80115$
$\cot\omega_2 = \cot lv = -0{,}08661$
$\cot\omega_3 = \cot ly = -0{,}97416$

Fig. 23.

Fig. 24.



$\mu_0 = \frac{1}{0}$ | $\nu_0 = \frac{1}{0}$
$\mu_1 = 0$ | $\nu_1 = 2$
$\mu_2 = -1$ | $\nu_2 = 1$
$\mu_3 = ?$ | $\nu_3 = ?$

demnach nach Gleichung IV

$$\frac{0{,}88776}{1{,}77531} = \frac{0+1}{0-\mu_3} \cdot \frac{\frac{1}{0} - \mu_3}{\frac{1}{0} + 1} = \frac{2-1}{2-\nu_3} \cdot \frac{\frac{1}{0} - \nu_3}{\frac{1}{0} - 1}$$

$$\frac{1}{2} = \frac{1}{-\mu_3} = \frac{1}{2-\nu_3}$$

daraus $\mu_3 = \bar{2}$, $\nu_3 = 0$ folglich $y = (\bar{2}\,0\,1)$.

Beispiel 2. Sind die Indices der 4 Flächen l, e, v, y bekannt und etwa die beiden Winkel $l^\vee e$ und $l^\vee v$, so berechnet sich der Winkel $l^\vee y$, wie folgt:

$$\frac{0{,}80115 + 0{,}08661}{0{,}80115 - \cot l^\vee y} = \frac{1}{2}$$

und daraus $\cot l^\vee y = -0{,}97437$,
folglich $l^\vee y = 134^\circ\, 15{,}'5$.

Die Gleichung IV vereinfacht sich für besondere, aber häufig eintretende Fälle bedeutend — beispielsweise bei der Rechnung in recht-

winkligen Axensystemen oder dadurch, dass einzelne Flächen Pinakoid- oder Prismenflächen sind. Als solche specielle Fälle mögen hier angeführt sein:

1. Die Ausgangsfläche P fällt in die Zone des Verticalprismas, dann ist $P = (\mu_0 \nu_0 0)$ und Gleichung IV geht über in:

$$\boxed{\frac{\cot\omega_1 - \cot\omega_2}{\cot\omega_1 - \cot\omega_3} = \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1 - \mu_3} = \frac{\nu_1 - \nu_2}{\nu_1 - \nu_3}} \quad . \ . \ \text{Gleich. V.}$$

2. Alle Flächen liegen in der Zone des Verticalprismas und P und R entsprechen den beiden Pinakoiden dieser Zone; sodass also

$$P = (1\,0\,0),\ Q = (\mu_1 \nu_1 0),\ R = (0\,1\,0) \text{ und } S = (\mu_3 \nu_3 0)$$

sind. Zur Herleitung der Relation muss man auf Gleichung III zurückgreifen. Es ergiebt sich:

$$\boxed{\frac{\cot\omega_2 - \cot\omega_3}{\cot\omega_2 - \cot\omega_1} = \frac{\nu_1 \mu_3}{\mu_1 \nu_3}} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ \text{Gleich. VI.}$$

3. Von besonderem Interesse ist der Fall, wo

$$P = (0\,0\,1),\ Q = (\mu_1\,0\,1),\ R = (1\,0\,0) \text{ und } S = (\bar{\mu}_1\,0\,1) \text{ ist.}$$

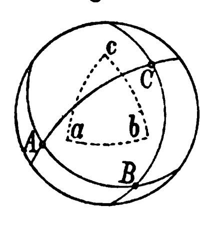
Dann ist
$$\boxed{\frac{\cot\omega_1 - \cot\omega_2}{\cot\omega_1 - \cot\omega_3} = 1/2} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ \text{Gleich. VII.}$$

und daraus
$$\boxed{\cot\omega_2 = 1/2\,(\cot\omega_1 + \cot\omega_3)} \quad . \ . \ . \ . \ \text{Gleich. VIII.}$$

Gleichung VIII, die sogen. Basalformel, findet praktische Anwendung im monoklinen und triklinen System zur Berechnung des Winkels der beiden Axenebenen (0 0 1) und (1 0 0).

Die vorstehenden Gleichungen sind, wie ersichtlich, geeignet, die Lösungen der Aufgaben sub 1 und sub 2 (S. 31) herbeizuführen. Bezüglich der Aufgaben sub 2 (Berechnung der Flächenindices) mag hier noch bemerkt werden, dass zur Bestimmung eines jeden einzelnen Symbols, das ja ein Doppelverhältniss darstellt, zwei Angaben nöthig sind; entweder liegt die zu bestimmende Fläche in 2 bekannten Zonen, oder sie liegt in einer bekannten Zone und ausserdem ist noch ein Winkel gegeben oder es sind endlich die Neigungen der Flächen zu 2 anderen, bekannten Flächen gegeben.

Fig. 25.

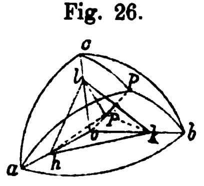


Zur Aufg. 3, Bestimmung der Elemente, ist zu bemerken, dass im allgemeinsten Fall dieselben aus 5 Grössen bestehen, nämlich aus den Axenverhältnissen $\frac{a}{b}$ und $\frac{c}{b}$ und den Axenwinkeln $a \hat{} b = \gamma$, $b \hat{} c = \alpha$ und $a \hat{} c = \beta$. Es sind daher zur Bestimmung 5 von einander unabhängige Winkelmessungen nöthig. — Zur Berechnung der Axenwinkel bedarf man der 3 Winkel

zwischen den Axenebenen A (1 0 0), B (0 1 0) und C (0 0 1), die entweder direct gemessen oder aus anderen Messungen abgeleitet werden. Sind in vorstehender Projection (Fig. 25) A, B und C die Pole der Axenebenen, und a, b, c die Durchstosspunkte der Axen auf der Kugeloberfläche, also $bc = \alpha$, $ac = \beta$, $ab = \gamma$, so ist Dreieck ABC das Polardreieck zu abc und daraus folgen die Bestimmungsgleichungen:

$$\left.\begin{aligned} \cos\alpha &= \frac{\cos AC \,.\, \cos AB - \cos BC}{\sin AC \,.\, \sin AB} \\ \cos\beta &= \frac{\cos AB \,.\, \cos BC - \cos AC}{\sin AB \,.\, \sin BC} \\ \cos\gamma &= \frac{\cos AC \,.\, \cos BC - \cos AB}{\sin AC \,.\, \sin BC} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{Gleich. IX.}$$

Fig. 26.



Die Grundlage für die Berechnung des Axenverhältnisses liefert die nachstehende, auch sonst für die Krystallberechnung wichtige Relation (X) zwischen den Axenlängen, den Indices einer Fläche (der sogen. Fundamentalfläche) und gewissen Winkeln. Die nebenstehende Fig. 26 lässt ohne Weiteres erkennen, dass, wenn die Fläche P auf den Axen die Längen $\frac{a}{h}$, $\frac{b}{k}$, $\frac{c}{l}$ abschneidet, statthat:

$$\boxed{\frac{a}{h} \,.\, \cos Pa = \frac{b}{k} \,.\, \cos Pb = \frac{c}{l} \,.\, \cos Pc} \quad .\ . \quad \text{Gleich. X.}$$

Die Fläche $P = (hkl)$ heisst für den Fall, dass $(hkl) = (1\,1\,1)$ ist, die Einheits- oder Fundamentalfläche. An Stelle einer Pyramidenfläche kann man zur Bestimmung des Axenverhältnisses auch 2 nicht derselben Zone angehörige Prismenflächen nehmen.

Die Winkel Pa, Pb, Pc, von denen jedoch einer aus den beiden anderen berechnet werden kann, sind die Winkel, welche die 3 Axen mit der Normalen der Fläche P einschliessen. In den rechtwinkligen Axensystemen entsprechen diese Winkel den Neigungen der Fläche P zu den 3 Pinakoidflächen, können also unter Umständen direct gemessen werden. In den schiefwinkligen Systemen müssen diese Winkel erst durch Rechnung gefunden werden.

Nur im triklinen System bestehen die Krystallelemente aus 5 Constanten, in den anderen Systemen ist deren Zahl geringer und im regulären System sind alle Axen gleich und alle Axenwinkel gleich 90°, wodurch die Rechnung sich natürlich sehr vereinfacht.

Eingehenderes über Krystallberechnung siehe in: C. Klein, Einleitung in die Krystallberechnung, 1876 und in den bereits citirten Büchern von Quenstedt, v. Lang, Liebisch, Websky, Groth, Henrich, ferner Hecht, Anleitung zur Krystallberechnung. Leipzig 1893.

Capitel V.

Das Symmetriegesetz.

§ 1. Symmetrie der Krystallpolyeder, Deckoperationen und Symmetrieelemente. § 2. Symmetriegesetz. § 3. Definitionen. Einfache Formen und Combinationen. § 4. Symmetrie der Krystallflächen. § 5. Krystallographische und geometrische Symmetrie.

§ 1. Der grossen Mehrzahl der Krystallpolyeder haften ebenso wie vielen anderen Naturkörpern Symmetrieeigenschaften an, d. h. es besteht die Eigenthümlichkeit, dass zwei oder mehrere Stücke des Polyeders durch sogen. Deckoperationen zu gegenseitiger Deckung gebracht werden können.

Deckung, d. h. die Parallelstellung sämmtlicher Begrenzungsstücke des Krystallpolyeders lässt sich durch 3 Operationen — Deckoperationen — erzielen:

1. durch Drehung um eine Axe, die Deckbewegungs- oder Symmetrieaxe;
2. durch Spiegelung nach einer Ebene, der Symmetrieebene;
3. durch Drehspiegelung, d. h. Drehung um eine Axe in Verbindung mit Spiegelung nach einer senkrechten Ebene.

Die Symmetrie derjenigen Krystallpolyeder, deren Theile durch Drehung oder durch Spiegelung allein zur Deckung gelangen, heisst einfache S.; sind Drehung und Spiegelung zugleich zur Deckung erforderlich, so heisst die Symmetrie zusammengesetzt.

Symmetrieaxe (S-A) und Symmetrieebene (S-E) bilden die Symmetrieelemente eines Krystalls, zu denen als drittes Element noch das Symmetriecentrum (S-C) hinzukommt.

Eine Symmetrieaxe heisst jede Gerade, um die ein Krystall derart gedreht werden kann, dass seine sämmtlichen Begrenzungsstücke mit einander zur Deckung gelangen. Man nennt eine S-A n-zählig, wenn bei einer vollen Umdrehung von 360° die Deckung n Mal erfolgt, und es lässt sich zeigen, dass an Krystallpolyedern nur Deckung möglich wird bei Drehungen von 180°, 120°, 90° und 60°, dass es also nur 2-, 3-, 4- und 6-zählige S-A geben kann.

Eine mehr als 2-zählige S-A wird wohl Haupt-S-A genannt. — Linien, die aus dem Durchschnitt von Symmetrieebenen hervorgehen, haben die Eigenschaft von Symmetrieaxen.

Eine Symmetrieebene eines Krystalls theilt denselben in zwei gleiche spiegelbildliche Hälften; zu ihr sind sämmtliche Begrenzungsstücke paarweise angeordnet und die von paarigen Flächen und Kanten

gebildeten Winkel werden durch sie halbirt. Des Gesetzes der rationalen Verhältnisse halber können die Symmetrieebenen sich nur unter Winkeln von 60° und 90° bezw. deren Hälften schneiden, und damit hängt es zusammen, dass die Zahl der Symmetrieebenen auf höchstens 9 beschränkt ist.

1. Da nach dem Gesetz der Winkelconstanz die Flächen eines Krystalls parallel verschoben werden können, ohne sein Wesen zu verändern, so gilt die spiegelbildliche Halbirung seitens der S-E nur von idealen Krystallen (Modellen). Für gewöhnlich wird die Eigenschaft einer Ebene als S-E sich darin äussern, dass alle Flächen und Kanten paarweise zu ihr erscheinen und dass die auftretenden Winkel von ihr halbirt werden. Damit ist auch der Weg zur Ermittlung von S-E angedeutet.

2. Da die Flächen paarweise zu ihren S-E auftreten, so liegen diese mit jedem Flächenpaar in gleicher Zone; die S-E sind also in jedem Fall mögliche Krystallflächen.

Ein Symmetriecentrum ist ein Punkt von der Eigenschaft, dass er alle durch ihn gelegten und von den Flächen, Kanten und Ecken des Polyeders begrenzten Geraden halbirt. Gemeinhin wird das nur der Fall sein können, wenn der Körper von parallelen Flächen begrenzt ist und diese gleiche Centraldistanz haben. Da die Centraldistanz für Krystallpolyeder bedeutungslos ist, so besitzt eine Krystallform ein Symmetriecentrum, sobald zu jeder einzelnen Fläche eine parallele Gegenfläche vorhanden ist. Im S-C schneiden sich sämmtliche Symmetrieelemente.

§ 2. Das Symmetriegesetz. Von der Zahl und Beschaffenheit der Symmetrieelemente, die ein zu einem Krystallpolyeder zusammentretender Flächencomplex aufzuweisen hat, hängt ein höherer oder niederer Symmetriegrad desselben ab. Ist der Symmetriegrad eines Complexes aber einmal gegeben, so wird erfahrungsgemäss durch neu in den Complex eintretende Flächen, wie es beim Fortwachsen des Krystalls in seiner Lösung der Fall sein kann, der Symmetriegrad nicht mehr geändert, d. h. alle in einen Complex von bestimmtem Symmetriegrade eintretenden Flächen müssen in ihrer Zahl und Gruppirung nach Maassgabe der herrschenden Symmetrie auftreten.

Dieses sogen. Symmetriegesetz, welches von HAUY zuerst erkannt wurde (Sur une loi de cristallisation appelée loi de symétrie, 1815. Mémoires du Muséum d'Histoire naturelle. T. I. „Quand une forme cristalline se modifie, la modification se répète de la même manière et produit le même effet sur toutes les parties extérieures de la forme [faces, angles ou arêtes], qui sont de même espèce et identiques entre elles au point de vue géométrique"), wird auch wohl in folgender, der ursprünglichen HAUY'schen Fassung entsprechenden Form ausgedrückt: Gleichartige Theile eines Krystalls werden in gleicher Weise, ungleichartige Theile in ungleicher Weise modificirt, wobei man unter Modification das Auftreten neuer Flächen an Stelle vorhandener Kanten und Ecken zu verstehen hat.

Von einer Fläche, die an Stelle einer Kante oder Ecke tritt, heisst es nach WERNER, dass sie dieselben abstumpft. Die Abstumpfung wird eine gerade genannt, sobald die neue Fläche mit den die Kante resp. Ecke bildenden Flächen tautozonal ist und gleiche Winkel bildet. Eine Kante oder Ecke, auch Fläche heisst zugeschärft, wenn an ihrer Stelle 2 gleichartige Flächen auftreten, und zugespitzt bei 3 oder mehreren Flächen.

§ 3. Die Symmetrie der Krystalle giebt nun zu mehreren wichtigen Definitionen Anlass.

Unter einer einfachen Krystallform versteht man den Complex aller gleichwerthigen Flächen. Die Zahl der gleichwerthigen Flächen hängt von der vorhandenen Symmetrie ab.

Damit nämlich der gegebene Symmetriegrad an der Krystallform zum Ausdruck kommt, erfordert jede Fläche eine bestimmte Anzahl anderer Flächen; diese durch den gegebenen Symmetriegrad von einander abhängigen Flächen heissen gleichwerthig und bilden eine einfache Krystallform.

Beispielsweise wird bei dem Vorhandensein einer einzigen S-E nebst dem S-C eine solche einfache Krystallform nur aus 4 Flächen bestehen können; denn das Auftreten einer Fläche zieht in dem Fall das Auftreten einer symmetrischen Fläche nach sich, zu welchen dann des S-C wegen noch die beiden parallelen Gegenflächen treten müssen. — Sind 3 auf einander senkrecht stehende S-E vorhanden, so erfordert eine diese 3 S-E gleichzeitig schneidende Fläche noch das Hinzutreten von weiteren 7 Flächen auf Grund der Symmetrie. — Die beiden Beispiele zeigen auch, dass es einfache Krystallformen geben kann, die für sich allein den Raum nicht abschliessen, und solche, die den Raum vollständig abschliessen. Danach unterscheidet man offene und geschlossene Formen.

Anm. Wenn alle Flächen einer einfachen Form vom Mittelpunkt gleich weit entfernt stehen, also bei idealer Ausbildung, dann sind dieselben unter sich auch congruent.

Treten an einem Krystall ungleichwerthige Flächen oder, was dasselbe ist, mehrere einfache Formen auf, so bilden sie eine Combination.

Wie früher erwähnt, kann man zu krystallographischen Axen je 3 beliebige, unter sich nicht parallele Kanten eines Krystalls verwenden; man nennt aber vorzugsweise jenes ein krystallographisches Axensystem, welches so ausgewählt ist, dass alle Flächen einer einfachen Krystallform isoparametrische Axenabschnitte resp. Indices ergeben, was dadurch geschieht, dass die Durchschnittslinien vorhandener S-E zu krystallographischen Axen gewählt werden. Man kann somit auch sagen: sämmtliche Flächen einer einfachen Krystallform haben gleiche Indices; sie unterscheiden sich nur durch die Richtungsvorzeichen und im Allgemeinen auch durch die Reihenfolge der Indices.

§ 4. Symmetrie der Krystallflächen. In analoger Weise wie den Krystallpolyedern kommen auch den Krystallflächen Symmetrieeigenschaften zu. Die Symmetrieelemente einer Fläche, aus Symmetrie-

linien und Symmetriepunkt bestehend, gehen aus dem Durchschnitt der Fläche mit den am Polyeder vorhandenen, auf ihr senkrecht stehenden Symmetrieebenen und Symmetrieaxen hervor. Wir unterscheiden die Flächensymmetrie als hexa-, tetra-, tri-, di-, mono- und asymmetrisch, je nachdem die Fläche 6, 4, 3, 2, 1 oder keine Symmetrielinien besitzt. Wie die Symmetrieebenen mit Krystallflächen, so können die Symmetrielinien mit vorhandenen Krystallkanten zusammenfallen.

Die Flächensymmetrie lässt einen Rückschluss zu auf die körperliche Symmetrie des ganzen Krystalls und steht wie diese in engster Beziehung zu der physikalischen Beschaffenheit der Fläche. Bei Aetzversuchen und optischen Untersuchungen, wo man es wesentlich mit Flächenuntersuchung zu thun hat, wird diese Beziehung zwischen physikalischem Verhalten und Flächensymmetrie von praktischer Bedeutung; besonders gilt das bei den stauroskopischen Untersuchungen.

§ 5. Unterschied zwischen krystallographischer und geometrischer Symmetrie. Wie schon in § 1 bemerkt, ist die krystallographische Symmetrie mit der rein geometrischen nicht ident. In Folge ungleichen Wachsthums (Verzerrung) ist die äusserlich hervortretende Symmetrie oft geringer als sie dem Krystall wirklich zukommt. In diesem Fall lassen sich aber die idealen Formen auf Grund des Gesetzes von der Winkelconstanz leicht reconstruiren.

Weitaus bedeutsamer ist aber der Unterschied, der darin liegt, dass selbst geometrisch gleiche Formen und Flächen ungleiche krystallographische Symmetrie haben können. Die letztere beruht auf der Molekularstructur, die sich zwar vollständig in der physikalischen Beschaffenheit, aber nicht immer prägnant in der äusseren Gestalt ausprägt. Daher genügt zur Feststellung der vorhandenen Symmetrie nicht bloss die geometrische Betrachtung, sondern diese muss durch physikalische Untersuchung controlirt werden. Am bequemsten sind dazu die sogen. Aetzversuche, von denen in späteren Abschnitten ausführlicher die Rede sein wird.

Beispiele für den Unterschied in der krystallographischen und geometrischen Symmetrie finden sich namentlich unter den hemiedrischen Formen (cf. Cap. VI, S. 47), von denen viele trotz gleicher geometrischer Gestalt doch geringere Symmetrie aufweisen als die entsprechenden Holoeder.

Aus einem Anhydritkrystall kann man einen Würfel herausspalten, der geometrisch 9 Symmetrieebenen hat. Da aber die physikalische Beschaffenheit der 6 Spaltflächen nur paarweise gleich ist, so sind in Wirklichkeit nur 3 Symmetrieebenen vorhanden.

Der Pyrit tritt gern in Würfeln auf, deren quadratische Flächen parallel einer Kante gestreift sind. Wenn die Flächen thatsächlich die Symmetrie eines Quadrats hätten, müsste die Streifung auch parallel der andern Würfelkante erfolgen. Damit ist der Beweis geliefert, dass die Würfelflächen des Pyrits, im Gegensatz zu den Würfelflächen anderer Mineralien, eine geringere krystallographische Symmetrie besitzen, als ihnen geometrisch zukommt.

Capitel VI.

Die Symmetrieklassen und Krystallsysteme.

§ 1. Symmetrieklassen und Krystallsysteme. § 2. Ableitung der einfachen Formen.

Aus den Symmetrieeigenschaften der Krystallpolyeder ergeben sich 2 wichtige Nutzanwendungen:

1. da sich zeigen lässt, dass nur eine beschränkte und durch ihren Symmetriegrad scharf geschiedene Zahl von Symmetrieklassen möglich ist, so liefern die Symmetrieeigenschaften ein natürliches Eintheilungsprincip für die grosse Fülle der Krystallformen (s. § 1);

2. aus der Symmetrie einer jeden Klasse lassen sich unmittelbar die zugehörigen einfachen Formen herleiten (s. § 2).

§ 1. Symmetrieklassen und Krystallsysteme. Unterwirft man alle möglichen Polyeder, deren Flächen dem Gesetz der rationalen Axenabschnitte gehorchen, einer theoretischen Untersuchung auf die in jedem Fall vorhandenen Symmetrieelemente, ihre Beschaffenheit und Gruppirung, so ergiebt sich, dass nur 32 von einander verschiedene Symmetriemöglichkeiten vorhanden sind. Somit zerfallen alle Krystallformen nach ihrer Symmetrie in 32 von einander unabhängige Klassen. Zu einer Symmetrieklasse gehören alle Formen gleichen Symmetriegrades.

Wiewohl der Beweis von der Beschränkung der Symmetriemöglichkeiten der Krystalle auf 32 Klassen schon 1829 von dem Marburger Mineralogen J. F. Chr. Hessel [1]) geführt ist, so verbreitete sich doch die Kenntniss davon erst in diesem Jahrzehnt, nachdem ausser der Schrift Hessel's auch die späteren Arbeiten von Bravais [2]) und Gadolin [3]) wieder ans Tageslicht gezogen waren und der mathematische Beweis durch die Untersuchungen von Fedorow 1883 [4]), Curie 1884 [5]), Minnigerode 1886 [6]) und Schoenfliess 1891 [7]) eine schärfere bezw. elegantere Form erhalten hatte.

---

[1]) Gehler's Physik. Wörterbuch. Artikel Krystall. Bd. 5. 1830. S. 1023 ff.

[2]) Bravais, Mémoire sur les polyèdres de forme symétrique. Journ. de math. 1849 (Ostwald's Klassiker Nr. 17); ferner Etudes cristallographiques. Journ. de l'école polyt. 1851.

[3]) Gadolin, Mémoire sur la déduction d'un seul principe de tous les systèmes cristallographiques avec leurs subdivisions. Gelesen 1867, erschienen 1871 in den „Acta soc. scient. fennicae", Helsingfors, und übersetzt von Groth (Ostwald's Klassiker Nr. 75).

[4]) Vergl. Neues Jahrb. für Mineralogie etc. 1890. Bd. I. S. 235 und Groth's Zeitschr. 1892. Bd. XX. S. 31.

[5]) Bull. de la soc. minér. de France. 1884. Nr. 3 u. 8.

[6]) Minnigerode, Untersuchungen über die Symmetrieverhältnisse der Krystalle. Neues Jahrb. f. Min. Beilage-Bd. 5. 1887.

[7]) Schoenfliess, Krystallsysteme und Krystallstructur. Leipzig 1891.

Bevor jedoch die Nothwendigkeit der 32 Symmetrieklassen mathematisch bewiesen bezw. die Mineralogen davon Kenntniss genommen hatten, waren gewisse geometrische Beziehungen von höher symmetrischen Formen zu solchen geringerer Symmetrie aufgefunden worden und hatten bereits zur Aufstellung einer Anzahl von Krystallabtheilungen geführt. Die beregten Beziehungen äussern sich in der Möglichkeit, durch Unterdrückung der halben Flächenzahl einer Krystallform neue Formen mit verminderter Symmetrie ableiten zu können, in dem sogen. Princip der Herleitung hemiedrischer oder halbflächiger Formen aus Holoedern oder Vollflächnern.

Wir machen uns in der folgenden Darstellung und in der späteren systematischen Beschreibung der einzelnen Symmetrieklassen in Cap. VIII das Princip der hemiedrischen Ableitung zu eigen, weil diese analytische Methode bei consequenter Durchführung, die in der systematischen Unterdrückung vorhandener Symmetrieebenen besteht, zu denselben 32 Krystallklassen führt, wie die von den auf S. 40 unten genannten Autoren und sonst in der neueren Literatur[1]) meist befolgten synthetischen Methoden. Die hemiedrische Herleitung entspricht ausserdem der historischen Entwicklung der Krystallographie und somit auch der gebräuchlichen Nomenclatur und lässt die Parallele zwischen den geometrisch und den physikalisch zu begründenden Abtheilungen am auffälligsten hervortreten.

Als Ausgang für den hier eingeschlagenen analytischen Weg der Herleitung dienen uns die zur geometrischen Beschreibung erforderlichen Coordinatensysteme (Axenkreuze). Es lässt sich nachweisen, dass dafür überhaupt nur 6 oder, wenn man will, 7 Arten in Betracht kommen.

Diejenigen Symmetrieklassen bezw. Krystallformen, die ungeachtet ihres verschiedenen Symmetriegrades doch auf analoge Axenkreuze bezogen werden können, werden als demselben Krystallsystem angehörig bezeichnet, oder kurz bilden ein Krystallsystem. Es giebt demnach sechs Krystallsysteme.

Ableitung der Krystallsysteme. Diese Beschränkung auf 6 Krystallsysteme sowie die Beschaffenheit und Gruppirung der jedesmaligen Axen folgt aus der Untersuchung der Frage, welche Mannigfaltigkeit der symmetrischen Theilung (welche Zahl von Symmetrieebenen) bei den durch 3 Axen gebildeten Raumoktanten überhaupt möglich ist, sobald für die in den Oktanten auftretenden Flächen das Gesetz der rationalen Axenabschnitte zu berücksichtigen ist.

Die Untersuchung liefert zunächst 7 mögliche Fälle:

---

[1]) Vergl. LIEBISCH, Grundriss der physikal. Krystallographie. 1896. — GROTH, Physikal. Krystallographie. 1895.

1. Es fehlt den 8 Raumoktanten überhaupt jegliche Symmetrieebene; das trifft nur zu, wenn alle 3 Axen ungleich und alle 3 Winkel entweder schief oder höchstens einer ein Rechter ist. Triklines (Coordinaten- bezw. Krystall-) System.

2. Es ist 1 S-E vorhanden; alsdann sind die 3 Axen ungleich und von den 3 Winkeln sind 2 Rechte. Monoklines System.

Zwei Symmetrieebenen wie überhaupt jede symmetrische Theilung des Axenkreuzes durch eine gerade Anzahl von S-E sind nicht möglich, weil damit der gemeinsame Durchschnittspunkt der 3 Axen, der doch zum Wesen eines Coordinatensystems gehört, verloren gehen würde. Daher entbehren auch Krystallformen mit einer geraden Zahl von S-E des Symmetriecentrums.

Wir kommen daher sofort zu 3 S-E; hier sind aber 2 Fälle zu unterscheiden, nämlich:

3. Rhomboedrisches System. (Trigonales S.) 3 S-E vorhanden, die 3 Axen sind gleich, die 3 Winkel sind ebenfalls gleich, aber von 90° verschieden.

4. Rhombisches System. 3 S-E vorhanden, die 3 Axen sind ungleich, dagegen sind alle 3 Winkel Rechte.

Fortschreitend erhalten wir:

5. Tetragonales System. 5 S-E vorhanden, 2 Axen sind gleich und verschieden von der dritten, alle 3 Winkel sind Rechte.

6. Hexagonales System. 7 S-E vorhanden, 2 Axen sind gleich und verschieden von der dritten; die beiden gleichen Axen schliessen einen Winkel von 60° ein und stehen auf der dritten senkrecht, sodass ein Winkel 60° und zwei Winkel 90° betragen.

7. Reguläres System. 9 S-E vorhanden, alle 3 Axen gleich und alle Winkel sind Rechte.

Mehr als 9 S-E können nicht vorkommen, weil dann die auftretenden Flächen nicht mehr dem Gesetz der rationalen Axenabschnitte gehorchen würden (vergl. Anm.).

Da das rhomboedrische System eigenthümliche geometrische Beziehungen zum hexagonalen System zeigt und alle Formen desselben auf ein hexagonales Axenkreuz und vice versa bezogen werden können, so ist es üblich geworden, beide zu einem einzigen Krystallsystem und zwar zumeist zum hexagonalen System zu vereinigen, wodurch die Zahl der Krystallsysteme sich auf 6 reducirt.

Anm. Für den speciellen Beweis der 6 Krystallsysteme kommen zwei leicht einzusehende Sätze in Betracht:

1. Sofern der Schnittwinkel von 2 S-E nicht einen aliquoten Theil von 360° ausmacht, erfordern je 2 S-E eine unbegrenzte Zahl neuer S-E, aber nur für die Schnittwinkel von 30°, 45°, 60° und 90° geschieht dem Gesetz der rationalen Verhältnisse Genüge; bei den Schnittwinkeln 30°, 45° und 60° sogar nur dann, wenn

die S-E mit einander vertauschbar sind, die entsprechenden Axenlängen also unter sich gleich werden.

2. Wenn 2 S-E sich unter 90° schneiden und zugleich 1 S-C vorhanden ist, ist auch immer noch die auf deren Durchschnittskante senkrecht stehende Fläche eine dritte S-E.

Ableitung der Symmetrieklassen. Die Formen, die auf die gleiche Art von Axenkreuz sich beziehen lassen, können hinsichtlich ihres Symmetriegrades noch sehr verschieden sein. Haben sie den gleichen Symmetriegrad wie ihr zugehöriges Axenkreuz, so heissen sie Holoeder oder Vollflächner, sind sie dagegen von geringerer Symmetrie, so werden sie als Theilflächner und für besondere Fälle als hemiedrische, tetartoedrische und hemimorphe Formen bezeichnet.

Für jedes Coordinatensystem oder in jedem Krystallsystem kann es daher nur eine holoedrische, wohl aber mehrere theilflächige Symmetrieklassen geben.

Aus der holoedrischen Klasse eines jeden Krystallsystems leiten sich die möglichen theilflächigen Symmetrieklassen alsdann dadurch ab, dass man systematisch Gruppen gleicher Symmetrieebenen oder wo solche, wie im triklinen System, nicht vorhanden sind, das Symmetriecentrum unterdrückt. Die dabei hervorgehenden Symmetrieklassen heissen hemiedrisch und für den besonderen Fall, dass die zu einer singulären Symmetrieaxe senkrechte Symmetrieebene allein unterdrückt wurde, hemimorph.

Haben die abgeleiteten hemiedrischen Symmetrieklassen noch weitere Symmetrieebenen, so können sie nochmals hemiedrisch werden; es gehen dann tetartoedrische Klassen und Formen, eventuell bei nochmaliger Wiederholung ogdoedrische Klassen und Formen hervor.

In der hier angedeuteten Weise — systematische Unterdrückung der Symmetrieebenen in der holoedrischen Klasse — sind in Cap. VIII sämmtliche 32 Symmetrieklassen abgeleitet worden; der dabei befolgte Gang mag hier am Beispiel des regulären Systems erläutert werden.

Im regulären System besitzt die holoedrische Klasse 9 S-E, die sich auf 2 Gruppen 3 + 6 S-E vertheilen, daneben 13 S-A und 1 S-C. Durch Unterdrückung der Gruppe von 3 S-E erhält man eine theilflächige (hemiedrische) Klasse mit 6 S-E, was eine Verminderung der S-A auf 7 und das Verschwinden des S-C im Gefolge hat. Diese Klasse wird als tetraedrische Hemiedrie bezeichnet. Andererseits wird durch Unterdrückung der Gruppe von 6 S-E die pentagonal-hemiedrische Klasse mit 3 S-E, 7 S-A und 1 S-C erhalten, und ferner gehen durch gleichzeitige Unterdrückung aller 6 + 3 S-E die plagiedrisch-hemiedrischen Formen mit 0 S-E, 13 S-A und 0 S-C hervor. In der tetraedrischen wie in der pentagonalen Hemiedrie sind jedoch noch Symmetrieebenen vorhanden, sie können also noch einmal hemiedrisch werden, wobei dann

tetartoedrische (viertelflächige) Formen erzeugt werden. In beiden Fällen kommt aber das gleiche Resultat zu Stande, nämlich Formen mit 0 S-E, 7 S-A, 0 S-C, sodass im regulären System einschliesslich der holoedrischen Formabtheilung im Ganzen 5 Symmetrieklassen vorhanden sind. Analog ist die Herleitung der Symmetrieklassen in den übrigen Systemen und es ergiebt sich schliesslich:

das reguläre	S. besitzt	1	vollflächige	und	4	theilflächige	S.-Klassen
das hexagonale	S. „	1	„	„	11	„	„
das tetragonale	S. „	1	„	„	6	„	„
das rhombische	S. „	1	„	„	2	„	„
das monokline	S. „	1	„	„	2	„	„
das trikline	S. „	1	„	„	1	„	„

insgesammt sind also 32 Symmetrieklassen vorhanden.

§ 2. Die möglichen einfachen Formen jeder Symmetrieklasse und deren Flächenzahl. Die hier genannten beiden Feststellungen hängen von dem Symmetriegrad der jedesmaligen Symmetrieklasse ab. Ist dieser gegeben, so kann man sowohl die Zahl der Formen wie die Zahl der jeder Form angehörigen Flächen entweder graphisch durch die Symmetriefigur (s. unten) oder arithmetisch durch Specialisirung in Verbindung mit Permutation der Coefficienten in dem Symbol der allgemeinsten Fläche $ma : nb : pc$ erhalten; auch die systematische Abänderung der Kantenwinkel der allgemeinsten Form führt zum gleichen Ziel. Von allen 3 Methoden ist in der Folge gelegentlich Anwendung gemacht.

Da wir aber vorerst nur die Symmetrieelemente der holoedrischen Klasse kennen, so beginnen wir die diesbezügliche Untersuchung mit der Feststellung der holoedrischen Formen sammt ihrer Flächenzahl und unterwerfen erst in der Folge jede so erhaltene Form der hemiedrischen Zerfällung. Damit gewinnen wir nicht nur alle Formen der theilflächigen Symmetrieklassen, sondern zugleich auch deren Symmetrieelemente.

Zur Herleitung benutzen wir für jede holoedrische Klasse das stereographische Bild ihrer Symmetrieelemente, die sogen. Symmetriefigur, die dadurch erhalten wird, dass man die Symmetrieebenen durch den Mittelpunkt einer Kugel legt und diese dann nach den Regeln der stereographischen Projection auf die Ebene projicirt (vergl. S. 27). Die als Kreise und gerade Linien dargestellten Symmetrieebenen zerlegen das Bild der Kugeloberfläche in lauter gleiche sphärische Dreiecke.

Während die Symmetriefigur die Symmetrieebenen als grösste Kreise bezw. gerade Linien darstellt, erscheinen die Symmetrieaxen als deren Durchschnittspunkte. Die Zähligkeit der S-A kann dadurch zum Ausdruck gebracht werden, dass man deren Endpunkte (Pole) entsprechend umrahmt, also für die 6-, 4-, 3- und 2-zähligen S-A der Reihe nach die Signaturen ⬡ □ △ ⬭ gebraucht. — Falls ein Symmetriecentrum vorhanden ist, so fällt es mit dem Mittelpunkt des Grundkreises zusammen.

Mit Rücksicht auf jedes von den Symmetrieebenen gebildete sphärische Dreieck der Symmetriefigur kann ein Flächenpol 7 verschiedene Lagen einnehmen, Fig. 27. Die Fläche kann wie Pol 1 zwischen die 3 Seiten fallen; sie kann wie Pol 2, 3 oder 4 auf den Dreiecksseiten oder wie Pol 5, 6 oder 7 im Durchschnitt der Seiten liegen. Dieser allgemeinste Fall, wonach 7 Arten einfacher Formen möglich sind, gilt vom regulären System. Für die übrigen Systeme verringert sich die Zahl indessen.

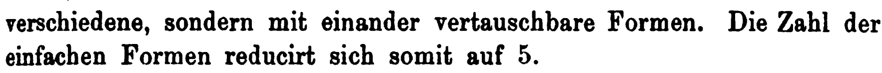


Fig. 27.

Im hexagonalen und tetragonalen System werden die beiden Seiten *a a* und *b b* des sphärischen Dreiecks gleich; in Folge dessen liefern die Pole 2 und 3, sowie 5 und 6 keine wesentlich von einander verschiedene, sondern mit einander vertauschbare Formen. Die Zahl der einfachen Formen reducirt sich somit auf 5.

Im rhombischen System sind alle 3 Seiten des sphärischen Dreiecks unter sich gleich; daher liefern die Pole 2, 3 und 4, sowie 5, 6 und 7 keine von einander verschiedene Formen. Die Zahl der möglichen Formen sinkt somit auf 3.

Im monoklinen System giebt es überhaupt nur noch eine S-E; die Flächenpole können daher entweder nur auf der Projection dieser S-E oder seitlich derselben liegen; somit sind hier nur 2 Arten einfacher Formen vorhanden.

Im triklinen System endlich, das ohne S-E ist, kann nur 1 Art einfacher Formen existiren.

Wenn, wie eben erwähnt, im hexagonalen und tetragonalen System die Pole 2 und 3, sowie 5 und 6 auch keine ihrer Gestalt und Flächenzahl nach verschiedene Krystallformen darstellen, so sind sie doch gegen die Coordinatenaxen verschieden orientirt. Entsprechendes gilt für das rhombische, monokline und trikline System. Berücksichtigt man diese verschiedene Orientirung zu den Axen, so ergeben sich nicht nur für das reguläre System, sondern scheinbar auch für die holoedrischen Abtheilungen der übrigen Systeme je 7 einfache Formen, wie das des Näheren bei der Besprechung der einzelnen Systeme zum Nachweise gelangt.

Nachdem so die Zahl der holoedrischen Formen festgestellt ist, folgt die Zahl der zugehörigen Flächen aus dem unmittelbaren Anblick der Symmetriefigur: da in derselben alle aus dem Durchschnitt von Symmetrieebenen hervorgegangenen sphärischen Dreiecke gleich sind, so muss irgend ein Flächenpol eines Dreieckes sich in gleicher Weise in allen vorhandenen Dreiecken wiederholen; man hat also bloss die durch die jedesmalige Symmetrie bedingten Wiederholungen zu zählen, um die Gesammtflächenzahl der Krystallform zu finden.

Von den holoedrischen Formen gelangen wir zu den theilflächigen durch gruppenweises Unterdrücken der Symmetrieebenen, was dadurch geschieht, dass von den zu den wegfallenden Symmetrieebenen paarweise am Holoeder auftretenden Flächen je eine unterdrückt wird, während die andere sich soweit ausdehnt, bis sie mit den sonst verbleibenden Flächen zum Durchschnitt gelangt. Diese Operation, für jede Symmetrieklasse an jeder holoedrischen Form vorgenommen, liefert unmittelbar die hemiedrischen Formen mit ihren erforderlichen Flächen. Für diese hemiedrischen Formen und ihre Flächenzahl ergeben sich alsdann folgende besondere Eigenschaften:

1. Jede Form zerfällt bei der hemiedrischen Zerlegung in 2 correlate Hemieder, d. h. in 2 Formen, die mit Bezug auf jede verloren gegangene Symmetrieebene spiegelbildlich gleich sind und sich nur durch ihre verschiedene Stellung zu den Krystallaxen unterscheiden. Besitzen die beiden correlaten Formen selbst noch Symmetrieebenen, so sind sie zugleich congruent und können sowohl durch Drehung wie Spiegelung zur Deckung gebracht werden. Man kann sie alsdann beliebig vertauschen und unterscheidet sie ebenso beliebig in eine positive oder directe und eine negative oder inverse Form.

Gewöhnlich nennt man dasjenige Hemieder positiv, das sich durch Vorherrschen in der Combination oder durch besondere physikalische Eigenschaften (Spaltbarkeit, Glanz etc.) auszeichnet.

Besitzen die correlaten Hemieder keine Symmetrieebene und zugleich kein Symmetriecentrum mehr, so sind sie zwar auch noch inhaltsgleich, können aber nur noch durch Spiegelung, nicht mehr durch Drehung zur Deckung gebracht werden. Sie verhalten sich dann wie rechte und linke Körper (z. B. rechte und linke Handschuhe) und werden als enantiomorphe Formen bezeichnet. Enantiomorphe Krystalle sind zuweilen durch Circularpolarisation ausgezeichnet, z. B. Quarz, Zinnober.

Das Symmetriegesetz verlangt, dass nur Formen gleicher Symmetrie mit einander in Combination treten. In Folge dessen können niemals Combinationen von Hemiedern mit Holoedern erscheinen, und ebenso können nur Hemieder und Tetartoeder derselben Symmetrieklasse zu Combinationen zusammentreten. Zwei correlate Hemieder ergänzen sich zwar wieder zu anscheinend einfachen holoedrischen Formen; sie sind aber Combinationen sowohl nach ihrer krystallographischen Symmetrie wie nach ihrem physikalischen Verhalten.

2. Die durch einmalige Anwendung der Hemiedrie hervorgegangenen Formen haben im Allgemeinen nur die halbe Flächenzahl, Tetartoeder den vierten und Ogdoeder den achten Theil der ursprünglichen holoedrischen Formen. Eine Ausnahme bilden jedoch jene Formen, deren Flächen senkrecht auf den unterdrückten S-E stehen: bei ihnen dehnen

sich naturgemäss die erhalten bleibenden Flächen in die Ebene der verschwindenden aus, d. h. deren hemiedrische bezw. wiederholt hemiedrische Formen haben dieselbe Flächenzahl wie die holoedrische und sind von diesen geometrisch ununterscheidbar. Krystallographisch sind solche Hemieder jedoch völlig verschieden von den gleichgestaltigen Holoedern, was schon daraus hervorgeht, dass sie mit typischen Halbflächnern in Combination treten.

Es offenbaren sich demnach hier die Unterschiede zwischen krystallographischer und geometrischer Symmetrie, von denen im § 5 des vorigen Capitels die Rede war, Unterschiede, die nicht geometrisch, wohl aber physikalisch feststellbar sind.

Um sich eine Vorstellung zu machen, wie der Unterschied in der krystallographischen Symmetrie gleichgestalteter Formen aus der Molekularstructur theoretisch erklärt werden kann, dienen die nachstehenden Figuren.

Fig. 28 sei der Querschnitt eines Krystalls (etwa eines Würfels des regulären Systems), in welchem die in Reihen angeordneten Punkte die Gruppirung der Krystallmoleküle andeuten mögen; 2 Gruppen senkrecht zur Zeichenebene stehender Symmetrieebenen seien durch die Projectionslinien *a a* und *b b* angedeutet. — Sollen aus dieser Figur die S-E *a a* verschwinden, so kann das dadurch geschehen, dass entweder die Oktanten II und III, VI und VII oder die Oktanten I und VIII, IV und V unterdrückt werden, während die jedesmal übrigbleibenden sich ausdehnen. In beiden Fällen bleibt die äussere Umgrenzung erhalten; die beiden correlaten Hemieder Fig. 29 u. 30 unterscheiden sich aber von einander wie vom Holoeder durch die

Fig. 28.

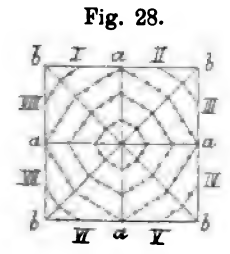


Fig. 29.

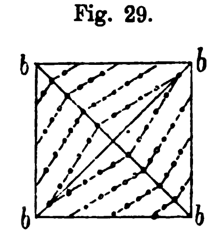
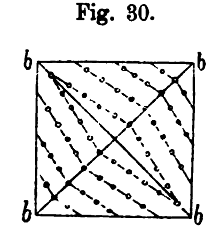


Fig. 30.



Anordnung der Moleküle. Fig. 29 ist entstanden aus der Unterdrückung der Oktanten II, III, VI und VII, Fig. 30 aus der Unterdrückung von I, VIII, IV und V. — In analoger Weise stellen Fig. 31 u. 32 je eines der beiden correlaten Hemieder dar, welche hervorgehen, sobald aus dem Holoeder Fig. 28 die Gruppe der S-E *b b* oder sämmtliche S-E verschwinden. Fig. 31 ist aus der Ausdehnung der Oktanten III, IV, VII u. VIII, Fig. 32 aus der Ausdehnung der Oktanten I, III, V und VII entstanden. Die äussere Begrenzung musste auch in diesen beiden Fällen erhalten bleiben.

Fig. 31.

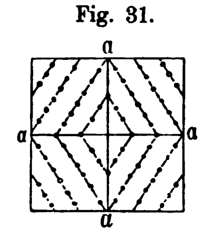


Fig. 32.

Die vorstehenden Figuren lassen somit erkennen, dass 1) zwei correlate Hemieder, dass ferner 2) die aus einem Holoeder durch verschiedene Hemiedrien hervor-

gehenden Formen unter sich und mit dem Holoeder gleiche äussere Gestalt haben können, dabei aber in ihrer Molekularstructur sämmtlich verschieden sind. Bei den einzelnen Systemen werden wir auf entsprechende Beispiele stossen, so bleibt z. B. das holoedrische Hexaeder und ebenso das Rhombendodekaeder des regulären Systems in den 3 hemiedrischen und der einen tetartoedrischen Abtheilung dieses Systems unverändert.

Die vorstehenden Figuren eröffnen aber auch das Verständniss dafür, dass die auf den Krystallflächen durch Einwirkung ätzender Flüssigkeiten erzeugten Gruben und Aetzhügel, die sogen. Aetzfiguren, sich in ihrer Symmetrie der Symmetrie der Flächen anschliessen und so zur Controle benutzt werden können.

Capitel VII.

Zwillinge.

§ 1. Parallelverwachsungen, Zwillingsverwachsungen. § 2. Zwillinge mit parallelem und geneigtem Axenkreuz. § 3. Mimetische Krystalle, Pseudosymmetrie.

§ 1. Wenn 2 Krystallindividuen derselben Mineralspecies irgendwie mit einander verwachsen, so gelingt es immer, sei es durch Spiegelung nach einer Fläche, sei es durch Drehung um eine Axe die Parallelstellung (Deckung) des einen Individuums mit dem anderen herbeizuführen. Die Spiegelungsebene und die Drehaxe sind alsdann Symmetrieelemente der Verwachsung.

Für den Fall, dass beide Symmetrieelemente der Verwachsung auch solche der Einzelkrystalle sind, befinden sich beide Individuen schon in Parallelstellung; es liegt dann eine Parallelverwachsung vor.

Parallelverwachsungen kommen nicht selten vor und liefern zuweilen für einzelne Mineralien ganz charakteristische Gestalten (Markasit, Bournonit), deren später noch bei den Aggregationsformen gedacht wird. Bei einzelnen Mineralien (Quarz, Kalkspath) laufen in der Hauptsache einheitlich erscheinende Krystalle an der Spitze gelegentlich in gesonderte, aber parallel gestellte Individuen aus.

Haben die Symmetrieelemente der Verwachsung gar keine geometrischen Beziehungen zu den Flächen und Kanten der Einzelkrystalle, so spricht man von einer regellosen, zufälligen Verwachsung. Dagegen heisst die Verwachsung eine Zwillingsverwachsung, kurz ein Zwilling, sobald zwischen ihren Symmetrieelementen und den Flächen bezw. den Kanten der Individuen gesetzmässige Beziehungen existiren. Die Symmetrieelemente des Zwillings werden dann als Zwillingsfläche und Zwillingsaxe bezeichnet.

Die ber. gesetzmässigen Beziehungen bestehen in Folgendem:

Die Zwillingsfläche ist zumeist eine am Einzelkrystall vorhandene oder doch mögliche Fläche, gewöhnlich eine solche mit den einfachsten Indices. Sonst, was nur im monoklinen und triklinen System vorkommt, steht sie wenigstens auf einer Krystallkante senkrecht oder ist senkrecht

zu einer Krystallfläche und gleichzeitig parallel zu einer in dieser liegenden Kante. Eine Symmetrieebene der einzelnen Individuen kann sie nur bei Zwillingsverwachsungen hemimorpher Krystalle sein, da andernfalls Parallelstellung vorliegen würde.

Die Zwillingsaxe ist entweder eine Krystallkante oder doch die Normale einer möglichen Krystallfläche. Sie ist mindestens zweizählig und kann nur in Krystallen ohne Symmetriecentrum zugleich Symmetrieaxe der Individuen sein.

Im Allgemeinen hat jeder Zwilling sowohl eine Zwillingsfläche wie eine Zwillingsaxe; zwischen beiden besteht die Beziehung, dass sie zu einander senkrecht sind. Nur bei Zwillingen von je 2 rechten oder je 2 linken enantiomorphen Individuen, die naturgemäss nicht durch Spiegelung zur Deckung gebracht werden können, giebt es keine Zwillingsfläche, sondern nur eine Zwillingsaxe, und umgekehrt existirt eine Zwillingsaxe nicht bei Zwillingen von je einem rechten und einem linken Krystall, hier giebt es nur eine Zwillingsfläche.

Durch Angabe des Symbols der Zwillingsfläche oder der Zwillingsaxe ist das Zwillingsgesetz bestimmt.

Da die grosse Mehrzahl der Zwillinge zur Zwillingsfläche eine krystallographisch mögliche Fläche hat, so genügt für die meisten Zwillinge die Definition: Zwillinge sind Verwachsungen zweier Krystallindividuen derselben Art, symmetrisch zu einer Krystallfläche, die nicht Symmetrieebene ist.

Die Symmetrie eines Zwillings mit Bezug auf seine Zwillingsfläche tritt äusserich gewöhnlich ebenso wenig hervor, wie der Symmetriegrad des Individuums. Wiederum liegt das Wesen der Symmetrie darin, dass die Winkel correspondirender Flächen beider Individuen durch die Zwillingsfläche halbirt werden und dieser Umstand zeigt auch den Weg, wie durch Messung das Zwillingsgesetz festzustellen ist. Ist, wie es häufig vorkommt, die Zwillingsfläche zugleich als Krystallfläche an beiden Individuen vorhanden, so kann man in vielen Fällen das Zwillingsgesetz daran erkennen, dass man diejenige Fläche, d. h. die Zwillingsfläche, aufsucht, die an beiden Individuen parallel ist.

Von der geometrischen Eigenschaft, die Individuen eines Zwillings durch Drehung von 180° zur Deckung bringen zu können, macht man Gebrauch bei der Herstellung von Zwillingsmodellen; man zerschneidet ein Individuum parallel seiner Zwillingsfläche und verdreht die eine Hälfte gegen die andere um 180°.

Neben der Zwillingsfläche ist die Verwachsungsfläche zu unterscheiden. In den meisten Fällen ist die Zwillingsfläche zugleich die Verwachsungsfläche, in anderen, auch nicht seltenen Fällen ist es irgend eine beliebige, krystallographisch mögliche, oder willkürliche, vielfach auch unebene Fläche. Gar nicht selten steht die Verwachsungsfläche senkrecht auf der Zwillingsebene und kann alsdann bei flüchtiger Betrachtung für diese gehalten werden und so zu Irrthümern Veranlassung geben (Fig. 41).

Zwillinge, deren Individuen in einer einzigen ebenen Fläche zusammenstossen, heissen Berührungs- oder Juxtapositionszwillinge;

solche, deren Individuen in unregelmässiger oder unebener Fläche mit einander verwachsen sind und sich dabei zum Theil oder ganz durchdringen, heissen Durchwachsungs- oder Penetrationszwillinge. — Es können auch durch den Wachsthumsprocess die sonst die Zwillinge vor den einfachen Krystallen auszeichnenden einspringenden Winkel ganz ausgefüllt sein und dann sind die Zwillinge als solche nur an der sogen. Zwillingsnaht oder bei vorhandener Oberflächenzeichnung (Streifung) an der Fiederstreifung der Flächen zu erkennen.

§ 2. Man kann 2 Arten von Zwillingen unterscheiden, je nachdem die Axenkreuze beider Individuen sich in paralleler oder in geneigter Stellung befinden. Zwillinge der ersten Art können nur bei hemiedrischen und tetartoedrischen Formen vorkommen, welche durch eine derartige Zwillingsverwachsung bei gleichzeitiger Durchdringung der Individuen die ihnen durch Hemiedrie oder Tetartoedrie verloren gegangenen Symmetrieebenen wieder erwerben, sich somit also zur holoedrischen Symmetrie ergänzen. Daher heisst diese Art Ergänzungszwillinge. Häufiger als diese Art sind Zwillinge mit geneigtem Axenkreuz (normale Zwillinge), die sich in gleicher Weise bei den holo- wie hemiedrischen und tetartoedrischen Formen finden.

Die Zwillingsverwachsung kann sich mehrfach wiederholen; zu einem zweiten Individuum kann nach demselben Gesetz noch ein drittes, viertes etc. treten. Man spricht dann von Drillingen, Vierlingen etc. und von Viellingen.

Wenn bei einer solchen wiederholten Zwillingsbildung, einem Zwillingsstock, dieselbe Fläche mit den gleichen Vorzeichen ihrer Indices immer wieder von Neuem als Zwillingsfläche auftritt, so entstehen polysynthetische Viellinge. Dabei befinden sich nur die an einander stossenden Individuen in Zwillingsstellung, während die abwechselnden in Parallelstellung liegen (Fig. 42 u. 43). Werden alsdann die einzelnen Individuen in der Richtung der Zwillingsaxe stark verkürzt, so gehen sie in Zwillingslamellen über und der ganze Vielling bekommt eine Zwillingsriefung (Fig. 43), was z. B. bei den Plagioklasen eine ganz normale Erscheinung ist.

Wechseln dagegen die Vorzeichen der Zwillingsfläche eines Zwillingsstockes, d. h. findet die wiederholte Zwillingsverwachsung nach mehreren, durch ihr Vorzeichen unterschiedenen Flächen derselben einfachen Krystallform statt, so entstehen cyclische Viellinge (Wendeviellinge), bei denen überhaupt keine Individuen mehr parallel lagern (Fig. 44—47).

Es giebt auch Viellinge, bei denen die Individuen nach verschiedenen Gesetzen mit einander verbunden sind; solche heissen Doppelzwillinge; sie werden nicht selten an den Orthoklasen und Plagioklasen angetroffen.

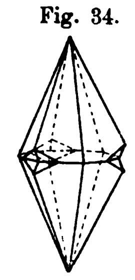
Die cyclischen Viellinge sind von besonderem Interesse. Ihr Aussehen kann mannigfacher Art sein, je nachdem die Vorzeichen der Zwillingsfläche wechseln (cf. den verschiedenen Habitus der Zwillinge am Rutil, die alle nach demselben Gesetz gebildet sind). Sind die nach einander als Zwillingsflächen fungirenden Krystallflächen tautozonal, so gruppiren sich bei sonst regelmässiger Ausbildung die Individuen um eine Axe (die Zonenaxe der Zwillingsflächen), sind sie nicht tautozonal, so gruppiren sie sich um einen Punkt (den Punkt, in dem die verschiedenen Kanten der Zwillingsflächen zusammentreffen). Wachsen nun die Individuen derartiger Zwillingsstöcke über die gemeinsame Axe oder den gemeinsamen Punkt regelmässig hinaus fort (Fig. 48 u. 49), also gewissermassen Penetrationsviellinge bildend, so können Gruppirungen von ausserordentlich regelmässigem Aussehen entstehen. Solcher Art sind die Zwillingsverwachsungen bei den im folgenden Paragraphen besprochenen mimetischen Krystallen.

1. Zwillinge mit parallelen Axen. (Ergänzungszwillinge.)

Fig. 33.

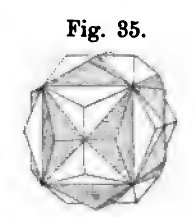
Durchkreuzungszwilling des Diamants.

Fig. 34.



Berührungszwilling des Kalkspaths.

Fig. 35.

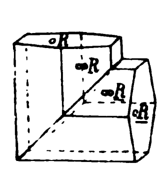


Durchkreuzungszwilling des Pyrits.

2. Zwillinge mit geneigten Axen. (Normale Zwillinge.)

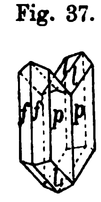
a) Berührungszwillinge.

Fig. 36.



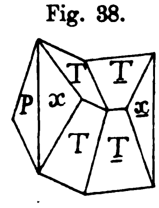
Kalkspath.

Fig. 37.



Gyps.

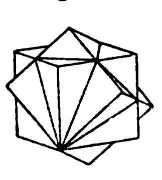
Fig. 38.



Adular.

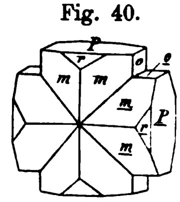
b) Durchkreuzungszwillinge.

Fig. 39.



Flussspath.

Fig. 40.



Staurolith.

Fig. 41.

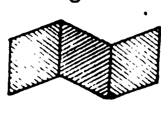
Orthoklas [1]).

[1]) Zwillingsfläche ist verschieden von der Verwachsungsfläche. (Zwillingsfläche stumpft die Kante T T ab, Verwachsungsfläche M.)

3. Viellinge.

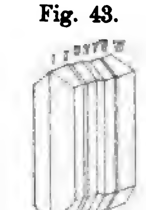
a) Polysynthetische Viellinge.

Fig. 42.



Schema (Drilling).

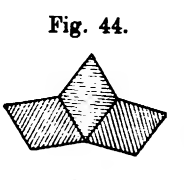
Fig. 43.



Aragonit mit Zwillingsriefung.

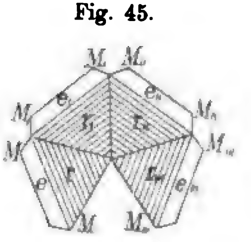
b) Cyclische Viellinge.

Fig. 44.



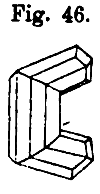
Schema (Drilling).

Fig. 45.



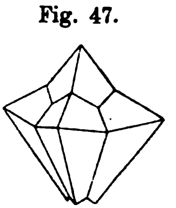
Markasit (Vierling).

Fig. 46.



Rutil (Drilling).

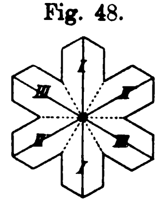
Fig. 47.



Hausmannit (Fünfling).

c) Mimetische Krystalle.

Fig. 48.



Schema.

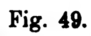
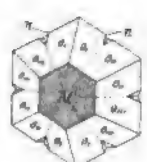


Fig. 49.



Scheinbar hexagonale Combination des rhombischen Chrysoberylls.

Fig. 50.

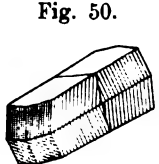


Fig. 51.

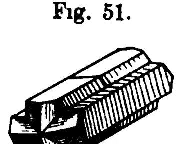


Fig. 52.

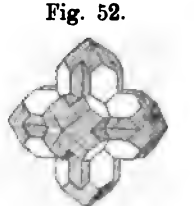


Fig. 53.

Wiederholte Zwillingsverwachsung des Harmotoms; aus monosymmetr. Individuen entstehen nach und nach Formen vom Symmetriegrade des regulären Systems.

§ 3. Vom geometrischen Standpunkt aus kann man jede Zwillingsverwachsung als ein Streben nach höherer Symmetrie bezeichnen.

Während durch einfache Zwillingsverwachsung der resultirende

Zwilling nur ausnahmsweise (monoklines, triklines System; Ergänzungszwillinge) einen höheren Symmetriegrad erlangt (denn die S-E des Individuums kommen zumeist für den Zwilling wieder in Wegfall), kann ein Zwillingsstock durch mehrfache cyclische Verwachsung eine so grosse Zahl von S-E neu erwerben, dass der erlangte Symmetriegrad sich mit dem eines höheren Systems deckt. Kommt nun hinzu, dass die cyclisch gruppirten Individuen über den gemeinsamen Mittelpunkt regelmässig hinaus fortgewachsen sind und ferner — was noch wichtiger —, dass die einzelnen Individuen Winkelverhältnisse besitzen, die ein Ausfüllen der für die Zwillinge sonst charakteristischen einspringenden Kanten ermöglichen, so kann leicht eine Verwechslung eines solchen Zwillingsstockes mit einem einfachen Krystall von höherem Symmetriegrade herbeigeführt werden. Derartige scheinbar einfache Krystalle, deren Symmetriegrad auf vielfache cyclische Zwillingsverwachsung zurückzuführen ist, heissen mimetische Krystalle. Dieselben sind in neuerer Zeit sehr wichtig geworden, nachdem namentlich Mallard auf sie aufmerksam gemacht und sie zur Erklärung mancher optischen Anomalien (z. B. am Boracit, Chabasit, Apophyllit etc.) herangezogen hat.

Die Vorbedingung für mimetische Krystalle bilden geeignete Winkel der Individuen. Es ist nun recht häufig, dass Krystalle niederen Symmetriegrades Winkel besitzen, die den charakteristischen Winkeln von Systemen höheren Symmetriegrades sehr nahe kommen, ja sie zuweilen bis auf wenige Minuten erreichen und bereits in ihren Combinationen eine höhere Symmetrie nachahmen. Ein derartiges Verhalten der Krystalle wird mit dem Namen „Pseudosymmetrie“ belegt. Viele Krystalle des rhombischen Systems liefern hierher gehörige Beispiele, unter anderen die Mineralien der Aragonitgruppe, bei denen der Winkel des Verticalprismas nahe 120° ist, d. h. dem charakteristischen Winkel des hexagonalen Systems entspricht. Solche pseudosymmetrische Krystalle lieben es, nicht nur in ihren Combinationen den Habitus eines anderen Systems anzunehmen, sondern sie bilden auch häufig cyclische Zwillingsstöcke, in welchen die den charakteristischen Winkel eines anderen Systems einschliessenden Flächen als Zwillingsflächen auftreten, d. h. sie bilden gern mimetische Krystalle, bei denen die einspringenden Winkel oft derartig gering sind, dass nur die Beachtung etwaiger Zwillingsstreifung oder erst die optische Untersuchung resp. die Aetzung der Krystallflächen die Zwillingsnatur nachweist.

Vergl. die Fig. 48—53. Die Fig. 50—53 stellen die Herausbildung von 9 Symmetrieebenen aus monosymmetrischen Individuen durch wiederholte Zwillingsverwachsung dar. Die monoklinen Individuen des Harmotoms haben in Fig. 50 rhombische, in Fig. 51 quadratische und in Fig. 52 reguläre Symmetrie. In Fig. 53 sind die Winkel ausgefüllt und die Form gleicht abgesehen von der Zwillingsstreifung einem regulären Rhombendodekaeder.

Capitel VIII.

Einzelbeschreibung der Krystallsysteme.

1. Reguläres System.

Das reguläre System begreift diejenigen Symmetrieklassen, deren Formen auf 3 gleiche rechtwinklige Axen bezogen werden können.

Daraus folgt:

1. für die Symmetriecharakteristik des Axenkreuzes und damit der zugehörigen holoedrischen Symmetrieklasse

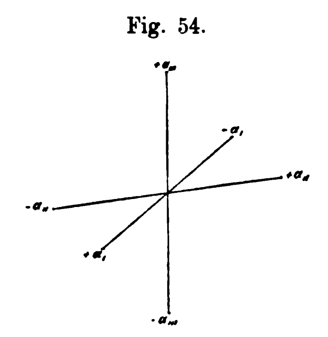
9 S-E, 13 S-A, 1 S-C und

2. für die Axenelemente des Systems

$$a : a : a \quad \text{und} \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}.$$

Die Axen müssen für jede einzelne Form so ausgesucht werden, dass sie gleich sind und recktwinklig auf einander stehen; das ist der Fall, wenn man sie aus dem Durchschnitt der allen Symmetrieklassen des Systems gemeinsamen Hexaederflächen hervorgehen lässt. Man stellt sie so, dass eine Axe ($a_,$) auf den Beschauer zuläuft, die zweite ($a_{,,}$) quer liegt und die dritte ($a_{,,,}$) vertical steht (Fig. 54).

Fig. 54.



Dem regulären System gehören 5 Symmetrieklassen an. Aus der höchstsymmetrischen Klasse, der Holoedrie, leiten sich die übrigen 4 Klassen durch Hemiedrie bezw. wiederholte Hemiedrie (Tetartoedrie) ab. Da keine singuläre Zweiseitigkeit vorhanden ist, so kann es in diesem System eine Hemimorphie nicht geben.

I. Klasse. **Holoedrie.**

(Hexakisoktaedrische Klasse.)

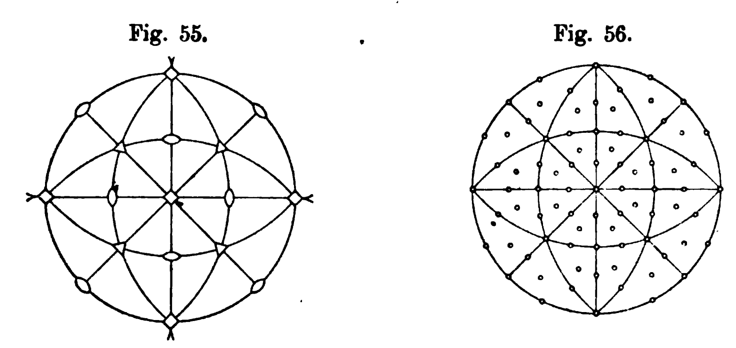
9 S-E, von denen 3 den Hexaederflächen, 6 den Rhombendodekaederflächen entsprechen. 13 S-A, nämlich 3 vierzählige S-A, senkrecht auf den Hexaederflächen; 4 dreizählige S-A, senkrecht auf den Oktaederflächen; 6 zweizählige S-A, senkrecht auf dem Rhombendodekaederflächen. S-C vorhanden.

Die genannten Symmetrieelemente sind in der Symmetriefigur 55 zur Anschauung gebracht, wo die Kreisbögen S-E, deren Durchschnittspunkte 4-, 3- und 2-zählige S-A bedeuten; aus derselben geht hervor, dass die 9 S-E 48 gleichwerthige Räume bezw. sphärische Dreiecke erzeugen.

Der Forderung, dass alle Flächen derselben einfachen Form gleiche Indices bekommen, wird durch die Wahl der 3 vierzähligen S-A, die aus dem Durchschnitt der Hexaederflächen hervorgehen, zu Krystallaxen genügt.

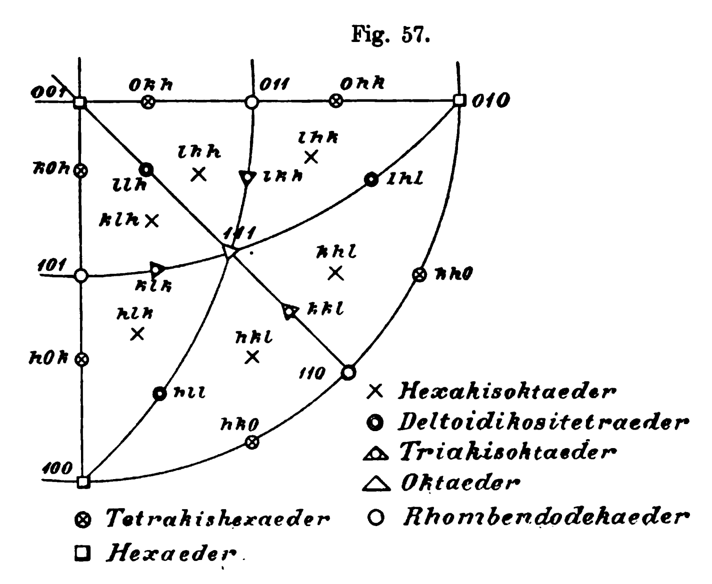
Die einfachen Formen. Es sind 7 verschiedene holoedrische Formen möglich, deren Ableitung unmittelbar aus der schematischen Einzeichnung der 7 in jedem sphärischen Dreieck möglichen Flächenlagen in die Symmetriefigur 55 hervorgeht. In der Projection Fig. 56

Fig. 55. Fig. 56.



ist die Eintragung der oberen Pole aller 7 Formen ausgeführt; der grösseren Deutlichkeit wegen ist in Fig. 57 einer der 8 unter sich gleichen

Fig. 57.



Oktanten in grösserem Maassstab gezeichnet, worin die Pole der einzelnen Formen durch besondere Zeichen unterschieden sind.

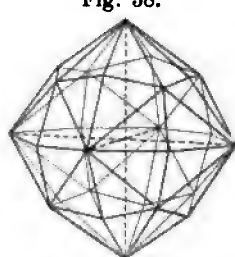
Die 7 einfachen Formen können ausser wie vorstehend auch erhalten werden aus der Specialisirung der Coefficienten bezw. der Indices

der allgemeinsten Fläche, also einer solchen Fläche, die alle 3 Axen in verschiedenen Abständen schneidet. Wir bedienen uns für diese Herleitung der direct ablesbaren WEISS'schen Coefficienten.

1. Die allgemeine Fläche $a : ma : na$ muss der herrschenden Symmetrie gemäss in jedem der 48 gleichwerthigen Dreiecke der Symmetriefigur einmal auftreten; die volle Form wird demnach von 48 Flächen begrenzt und heisst

Hexakisoktaeder $(a : ma : na)$; $\{hkl\}$. Fig. 58.

Fig. 58.

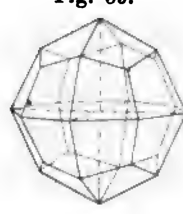


48 Flächen, die asymmetrisch sind (ungleichseitige Dreiecke). 72 Kanten, die zu je 8 in den S-E liegen. 26 Ecken, die nach der Zahl der in ihnen zusammenstossenden Kanten in 3 Gruppen zerfallen; durch je 2 gegenüberliegende Ecken geht eine der 13 S-A. 3 Arten Winkel.

2. Die Fläche schneidet 2 Axen in gleichem, aber grösserem Abstand als die dritte Axe, d. h. $m = n$. Die Form hat dementsprechend nur 24 Flächen und heisst

Deltoidikositetraeder $(a : ma : ma)$; $\{hll\}$. Fig. 59.

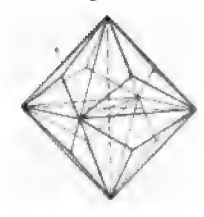
Fig. 59.



24 Flächen, monosymmetrisch (Deltoide). 48 Kanten, die zu je 8 bezw. 4 in die 3 + 6 S-E fallen. 26 Ecken, und zwar 6 vierzählige, 12 zwei + zweizählige, 8 dreizählige; durch je 2 gegenüberliegende Ecken geht eine der 13 S-A; in den 6 vierzähligen Ecken münden die Axen. 2 Arten Winkel.

3. Die Fläche schneidet 2 Axen in gleichem, aber kleinerem Abstand als die dritte Axe; d. h. m oder $n = 1$. Die Form hat wiederum nur 24 Flächen und heisst

Fig. 60.



Triakisoktaeder $(a : a : ma)$; $\{kkl\}$. Fig. 60.

24 Flächen, monosymmetrisch (gleichschenklige Dreiecke). 36 Kanten, die zu 12 + 24 in die 3 + 6 S-E fallen. 12 gleiche Kanten davon entsprechen den Oktaederkanten, daher erscheint die Form wie ein Oktaeder mit aufgesetzten 3-flächigen Pyramiden (Pyramidenoktaeder). 6 vier + vierzählige Ecken, in denen die Axen münden, ausserdem noch 8 dreizählige Ecken. Zwei Arten Winkel.

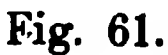
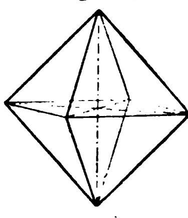


Fig. 61.



4. Die Fläche schneidet alle 3 Axen in gleichem Abstand, d. h. $m = n = 1$. Die Zahl der Flächen reducirt sich dadurch auf 8. Die Form heisst

Oktaeder $(a : a : a)$; $\{111\}$. Fig. 61.

8 trisymmetrische Flächen (gleichseitige Dreiecke). 12 gleiche Kanten, die in die 3 gleichen S-E fallen. 6 vierzählige Ecken, in denen die Axen münden, während die S-A die Ecken und die Mitten der Kanten und Flächen verbinden. Nur eine Art Winkel von 109° 28′ 16″,4.

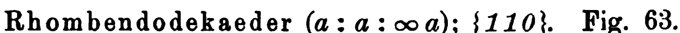
5. Die Fläche schneidet nur 2 Axen, diese in verschiedenem Abstand, der dritten Axe läuft sie parallel, d. h. m oder $n = \infty$. Die Form hat 24 Flächen und heisst

Tetrakishexaeder $(a : ma : \infty a)$; $\{hk0\}$. Fig. 62.

24 monosymmetrische Flächen (gleichschenklige Dreiecke). 36 Kanten, die zu je 6 in die 6 gleichen S-E fallen. 12 Kanten davon entsprechen den Hexaederkanten, daher die Form wie ein Hexaeder erscheint, dessen Flächen 4-seitige Pyramiden aufgesetzt sind (Pyramidenwürfel). 6 vierzählige Ecken, in denen die Axen münden, und 8 drei + dreizählige Ecken. 2 Arten Winkel.

Fig. 62.

6. Die Fläche schneidet 2 Axen in gleichem Abstand und läuft der dritten parallel, d. h. $m = 1$ und $n = \infty$. Die Form hat nur 12 Flächen und heisst



Rhombendodekaeder $(a : a : \infty a)$; $\{110\}$. Fig. 63.

12 disymmetrische Flächen (Rhomben), die den 6 gleichen S-E entsprechen. 24 gleiche Kanten. 8 dreizählige und 6 vierzählige Ecken; in letzteren münden die Axen, während die S-A die Ecken und die Mitten der Flächen verbinden. Zwei Arten Winkel von 90° und 120°.

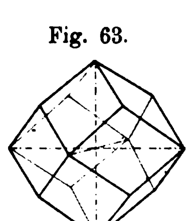


Fig. 63.

7. Die Fläche schneidet nur 1 Axe und läuft den beiden anderen parallel, d. h. $m = \infty$ und $n = \infty$. Die Form hat nur noch 6 Flächen und heisst

Hexaeder $(a : \infty a : \infty a)$; $\{100\}$. Fig. 64.

6 tetrasymmetrische Flächen (Quadrate), die den 3 gleichen S-E entsprechen; ihre Durchschnitte geben die Axen. 12 gleiche Kanten. 8 gleiche dreizählige Ecken. Die S-A verbinden die gegenüberliegenden Ecken und die Mitten der Kanten und Flächen; die Axen münden in der Mitte der Flächen. Nur eine Art Winkel von 90°.

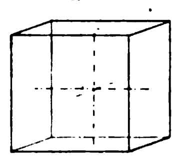


Fig. 64.

Anm. Weitere specielle Fälle sind nicht denkbar; die Zahl der holoedrischen Körper des regulären Systems ist somit auf 7 beschränkt. Von diesen sind 3, nämlich das Oktaeder, das Hexaeder und das Rhombendodekaeder nur von einer Art, d. h. nicht variable singuläre Formen, auch wenn sie an verschiedenen Substanzen auftreten, denn ihr Symbol enthält keine unbestimmten Coefficienten. Von den übrigen 4 Formen können jedoch mehrere Arten, selbst am selben Krystall erscheinen. Da m und n nur zwischen 1 und ∞ variiren können, so bilden die erstgenannten 3 Formen mit den Coefficienten 1 und ∞ die Grenzformen jener 4 mit den variablen Coefficienten m und n.

Fig. 65.

Die 6 Formen Nr. 2—7 können aufgefasst werden als besondere, durch Specialisirung von m und n abgeänderte Hexakisoktaeder, was auch in anderer Weise geometrisch begründet werden kann. Am Hexakisoktaeder treten dreierlei Winkel auf, nämlich an den Kanten x, y und z (Fig. 65); werden dieselben zum Theil gleich oder 90°, 120° resp. 180°, so resultiren dieselben 6 speciellen Fälle wie oben, wovon man sich leicht am Modell eines Hexakisoktaeders überzeugt.

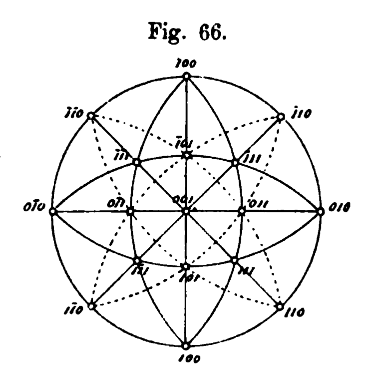
Naumann's Bezeichnung. Naumann geht bei seinen Formsymbolen vom Oktaeder, das als O bezeichnet wird, aus und betrachtet alle übrigen Formen als aus demselben hervorgegangen durch Modification der Axenlängen. Diese Modificationen

resp. die Ableitungszahlen entsprechen unmittelbar den WEISS'schen Coefficienten, die nun dem O in der Weise zugesetzt werden, dass der grössere Coefficient vor, der kleinere hinter O steht. Es ergeben sich demnach für die 7 einfachen Formen der Reihe nach die Zeichen:

$$m O n, \quad m O m, \quad m O, \quad O, \quad \infty O m, \quad \infty O, \quad \infty O \infty.$$

Die Zonenverhältnisse der holoedrischen Formen des regulären Systems ergeben sich unmittelbar aus dem Anblick der Projectionen Fig. 56 u. 57; die Flächen der 3 singulären Formen Oktaeder, Rhombendodekaeder und Hexaeder stehen unter einander im Zonenverband (Fig. 66); alle Deltoidikositetraeder fallen in die Zone von Hexaeder und Oktaeder, alle Triakisoktaeder in die Zone von Oktaeder und Rhombendodekaeder, und alle Tetrakishexaeder in die Zone von Rhombendodekaeder und Hexaeder. Nur die Flächen der Hexakisoktaeder liegen ausserhalb der von den 3 singulären Flächen gebildeten Zonen.

Fig. 66.



Von diesem specifischen Zonenverband des regulären Systems macht man mit Vortheil Gebrauch bei Entzifferung der flächenreichen und oft verzerrten Combinationen.

Combinationen. Die Fig. 67—79 stellen einige Combinationen dar. Der Würfel stumpft die 6 Ecken des Oktaeders (Fig. 67), ebenso die 6 vierzähligen Ecken des Rhombendodekaeders gerade ab (Fig. 68). Das Rhombendodekaeder stumpft die 12 Kanten des Oktaeders (Fig. 69)

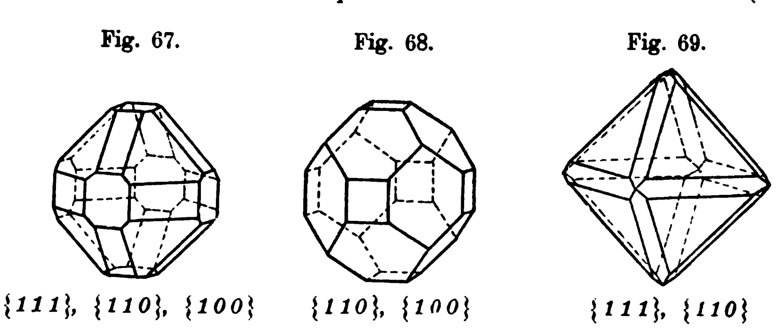


Fig. 67. $\{111\}$, $\{110\}$, $\{100\}$

Fig. 68. $\{110\}$, $\{100\}$

Fig. 69. $\{111\}$, $\{110\}$

und ebenso des Würfels (Fig. 70) ab. Das Oktaeder erscheint am Würfel an dessen 8 Ecken (Fig. 76), am Rhombendodekaeder an dessen 8 dreizähligen Ecken (Fig. 71). Wenn die Kanten eines Rhombendodekaeders gerade abgestumpft werden (Fig. 73), so gehört die Form dem Ikositetraeder $\{211\}$ an etc.

Da bei den 4 Formen $(a : a : m a)$, $(a : m a : m a)$, $(a : m a : \infty a)$ und $(a : m a : n a)$ die Coefficienten m und n die verschiedensten Werthe

annehmen können, so können durch das Hinzutreten solcher Formen ausserordentlich flächenreiche Combinationen entstehen. Nichtsdesto-

Fig. 70. {100}, {110}

Fig. 71. {110}, {111}

Fig. 72. {110}, {100}, {111}

Fig. 73. {110}, {211}

Fig. 74. {100}, {hll}

Fig. 75. {100}, {hk0}

Fig. 76. {100}, {111}

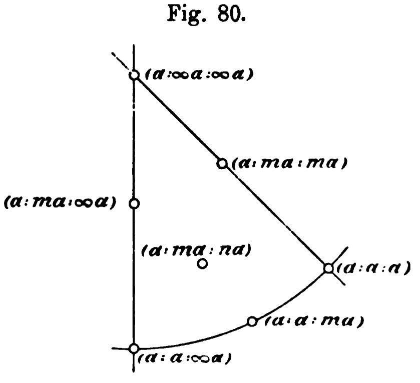
Fig. 77. {111}, {hll}

Fig. 78. {100}, {kkl}

Fig. 79. {100}, {hkl}

weniger ist selbst bei verzerrten Krystallen die Entzifferung flächenreicher Combinationen leicht, wenn man nur den obigen Zonenverband berücksichtigt.

Fig. 80.



Man verfährt dabei so, dass man zunächst die Lage der Axen aufsucht und mit Rücksicht auf diese die Lage der 3 singulären Formen gleichviel ob sie vorhanden sind oder nicht, feststellt. Alsdann sieht man zu, wie die sonst auftretenden Flächen sich zwischen diese singulären Formen, also zwischen Hexaeder und Oktaeder, zwischen Rhombendodekaeder und Oktaeder oder zwischen Hexaeder oder

Rhombendodekaeder zonenmässig einpassen. Was in keine dieser Zonen fällt, gehört dem Hexakisoktaeder an. Damit sind alle Flächen erkannt. Die Fig. 80, eins der 48 Dreiecke der Projection Fig. 56 wiedergebend, unterstützt dabei das Gedächtniss.

Zwillinge. Mit Ausnahme der Hexaeder- und Rhombendodekaederflächen, die bereits S-E sind, können alle Flächen der Holoedrie zu Zwillingsflächen werden. Praktisch kommt aber nur die Oktaederfläche in Betracht oder gleichbedeutend damit die Fläche des Deltoidikositetraeder $\{211\}$, weil dessen Flächen senkrecht auf jenen des Oktaeders stehen. Nach seinem häufigsten Vorkommen wird diese Zwillingsverbindung als Spinellgesetz bezeichnet. Die Zwillinge sind theils Berührungs-, Fig. 81 (Spinell, Magnetit), theils Durchdringungszwillinge, Fig. 82 (Flussspath).

Fig. 81.

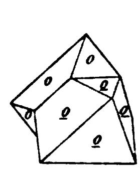
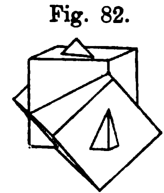


Fig. 82.



Beispiele für die holoedrische Symmetrieklasse des regulären Systems liefern die Krystalle der Mineralien der Spinellgruppe (Spinell, Magnetit etc.), ferner Bleiglanz, Steinsalz, Flussspath, Granat u. a.

Hemiedrische Klassen.

Es sind im regulären System 3 Symmetrieklassen vorhanden, die durch Hemiedrie aus der holoedrischen Klasse abzuleiten sind. Sie gehen in der Weise aus den Holoedern hervor, dass aus deren Formen entweder die Gruppe der 3 gleichwerthigen oder die Gruppe der 6 gleichwerthigen oder endlich alle 9 S-E gleichzeitig austreten. Dazu kommt noch 1 tetartoedrische Klasse.

II. Klasse. **Tetraedrische Hemiedrie.**

(Hexakistetraedrische Klasse.)

6 S-E, 7 S-A, davon 3 zweizählig und 4 dreizählig. Kein S-C. (Fig. 83.)

Die Formen dieser hemiedrischen Klasse gehen aus den Holoedern dadurch hervor, dass die 3 Hexaederflächen aufhören, S-E zu sein, während die 6 Rhombendodekaederflächen als S-E erhalten bleiben.

Da die austretenden S-E mit den Axenebenen zusammenfallen, so leiten sich die hemiedrischen Formen aus den holoedrischen in der Weise her, dass die Auswahl der sich ausdehnenden und der unterdrückten Flächen oktantenweise erfolgt. In Fig. 84 sind die verbleibenden Oktanten weiss gelassen, die verschwindenden schraffirt worden; durch Um-

Fig. 83.

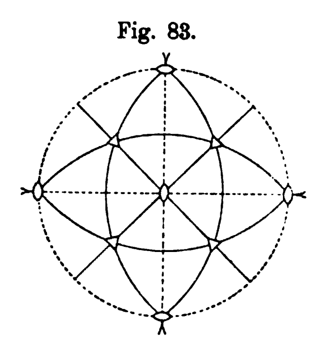
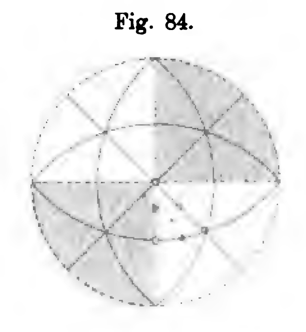


Fig. 84.



kehrung gehen die correlaten Formen hervor. Correlate Formen weichen geometrisch somit nur durch ihre Stellung von einander ab; durch Drehung um 90° gelangen sie mit einander zur Deckung; physikalisch sind sie aber durchaus verschieden. Man unterscheidet sie beliebig als positive (directe) und negative (inverse) Formen.

Trägt man, wie dies ebenfalls in Fig. 84 geschehen ist, die 7 Flächenpole eines der 48 gleichwerthigen sphärischen Dreiecke in die Projection ein, so lehrt der blosse Anblick, dass durch die hemiedrische Behandlung die Flächen des Hexaeders $\{100\}$, des Rhombendodekaeders $\{110\}$ und die des Tetrakishexaeders $\{hk0\}$ nicht betroffen werden, da ihre Pole gleichzeitig in die verschwindenden wie in die verbleibenden Oktanten fallen. Sie liefern daher keine besonderen geometrischen Formen, wohl aber wird ihre krystallographische Symmetrie entsprechend vermindert, was durch die Aetzfiguren controlirt werden kann. Dagegen liefern die übrigen 4 Formen der Holoedrie besondere, durch halbe Flächenzahl unterschiedene hemiedrische Formen.

Anm. Zum gleichen Resultat gelangt man, wenn man die hemiedrische Behandlung direct auf die einzelnen holoedrischen Formen anwendet, wie in den Fig. 85—91. Die Flächen des Rhombendodekaeders, des Hexaeders und des Tetra-

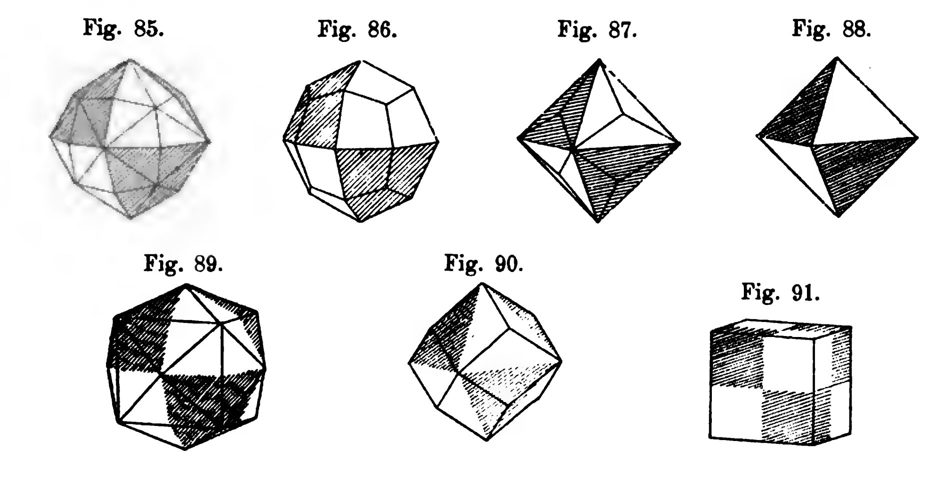


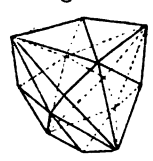
Fig. 85. Fig. 86. Fig. 87. Fig. 88. Fig. 89. Fig. 90. Fig. 91.

kishexaeders stehen auf den verschwindenden S-E senkrecht, ihre Formen bleiben also in der vollen Flächenzahl erhalten, während die übrigen 4 Formen nur mit der halben Flächenzahl auftreten.

Die einfachen Formen der tetraedrischen Hemiedrie sind somit folgende:

*1. Hexakistetraeder $_{pos}\{hkl\}$ und $_{neg}\{h\bar{k}l\}$, Fig. 92, aus dem Hexakisoktaeder in 2 correlaten Formen, die nur durch ihre um 90° gedrehte Stellung von einander verschieden sind, hervorgehend.

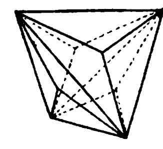
Fig. 92.



24 Flächen, asymmetrisch (ungleichseitige Dreiecke), 36 Kanten dreierlei Art, die zu je 6 in die 6 S-E fallen. 14 Ecken dreierlei Art; in den 6 2 + 2-kantigen Ecken münden die Axen, 3 Arten Winkel. Die Form gleicht einem Tetraeder, dessen Flächen 6-flächige Pyramiden aufgesetzt und dessen Kanten gebrochen sind.

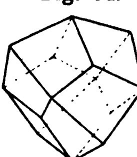
*2. Triakistetraeder $_{pos}\{hll\}$ und $_{neg}\{h\bar{l}l\}$, Fig. 93, aus dem Deltoidikositetraeder in 2 correlaten, nur stellungsverschiedenen Formen hervorgehend.

Fig. 93.



12 Flächen, monosymmetrisch (gleichschenklige Dreiecke). 6 + 12 Kanten, die zu je 1 + 2 in die S-E fallen. Ecken 4 + 4. 2 Arten Winkel. Die Form gleicht einem Tetraeder, dessen Flächen dreiseitige Pyramiden aufgesetzt sind, und die daher auch Pyramidentetraeder genannt wird.

Fig. 94.



*3. Deltoiddodekaeder $_{pos}\{kkl\}$ und $_{neg}\{k\bar{k}l\}$, Fig. 94, aus dem Triakisoktaeder in 2 correlaten, nur stellungsverschiedenen Formen hervorgehend.

12 Flächen, monosymmetrisch (Deltoide). 12 + 12 Kanten, die zu je 2 + 2 in die S-E fallen. 14 Ecken dreierlei Art; in den 2 + 2-kantigen münden die Axen. 2 Arten Winkel.

Fig. 95.

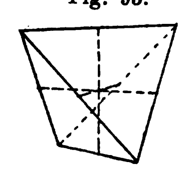
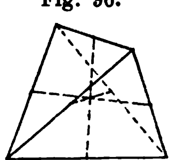


Fig. 96.



*4. Tetraeder $_{pos}\{111\}$ und $_{neg}\{1\bar{1}1\}$, Fig. 95 u. 96, aus dem Oktaeder in 2 correlaten, stellungsverschiedenen Formen hervorgehend.

4 Flächen, trisymmetrisch (gleichseitige Dreiecke). 6 gleiche Kanten, in deren Mitten die Axen ausmünden, und 4 gleiche Ecken. Nur Winkel einer Art: 70° 31′ 43″,6.

5. Tetrakishexaeder $\{hk0\}$, geometrisch übereinstimmend mit der holoedrischen Form, aber krystallographisch durch geringere Symmetrie unterschieden. Die Flächen sind asymmetrisch.

6. Rhombendodekaeder $\{110\}$, desgl., die Flächen sind monosymmetrisch nach der kurzen Diagonale des Rhombus.

Die mit * hier und in der Folge versehenen Formen weichen geometrisch von den zugehörigen Holoedern ab.

7. Hexaeder $\{100\}$, desgl., die Flächen sind disymmetrisch nach den Diagonalen des Quadrats.

NAUMANN's Bezeichnung. Die Formen erhalten die Zeichen ihrer Holoeder und, soweit sie sich geometrisch davon unterscheiden, noch den Nenner 2. Die positiven und negativen Formen werden durch die Vorzeichen unterschieden. Demnach sind die Symbole der 7 Formen der Reihe nach:

$$\pm\frac{mOn}{2},\quad \pm\frac{mOm}{2},\quad \pm\frac{mO}{2},\quad \pm\frac{O}{2},\quad \infty O m,\quad \infty O,\quad \infty O \infty.$$

Tetraedrische Combinationen. Nur hemiedrische Formen und nur solche der gleichen Hemiedrie können mit einander in Combination treten; wenn daher bei tetraedrischen Mineralien das Oktaeder scheinbar auftritt, so ist es als Combination zweier Tetraeder aufzufassen. Die Fig. 97—102 geben einige der gewöhnlicheren Combinationen. Ferner

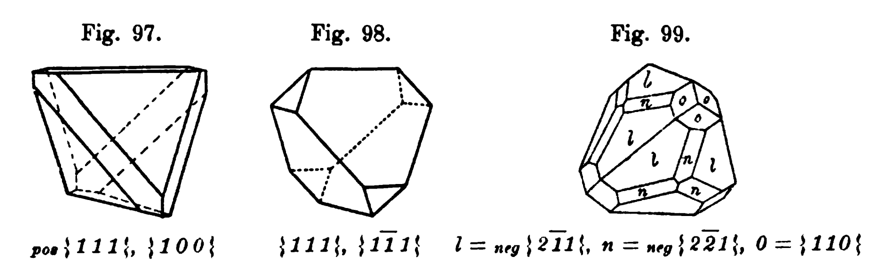


Fig. 97. pos $\{111\}$, $\{100\}$

Fig. 98. $\{111\}$, $\{1\bar{1}\bar{1}\}$

Fig. 99. $l = $ neg $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $n = $ neg $\{2\bar{2}\bar{1}\}$, $o = \{110\}$

mag noch hervorgehoben werden, dass der Würfel die Kanten (Fig. 97), das negative oder Gegentetraeder die Ecken des Tetraeders (Fig. 98)

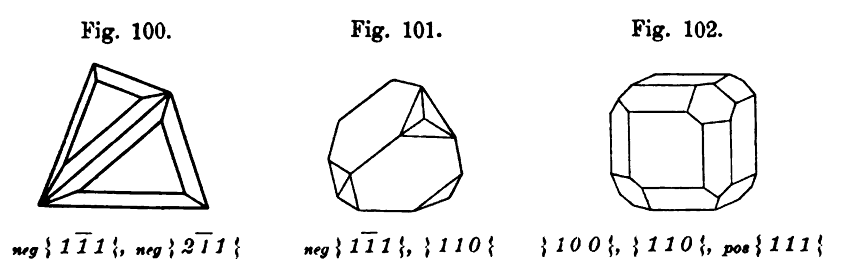


Fig. 100. neg $\{1\bar{1}1\}$, neg $\{2\bar{1}1\}$

Fig. 101. neg $\{1\bar{1}1\}$, $\{110\}$

Fig. 102. $\{100\}$, $\{110\}$, pos $\{111\}$

gerade abstumpft, während das Rhombendodekaeder die Ecken desselben gerade zuschärft. — Zur mechanischen Entzifferung der Combinationen dient auch hier Fig. 80.

Zwillinge. Am häufigsten sind Ergänzungszwillinge: die Individuen verwachsen symmetrisch nach den Hexaederflächen, d. h. nach jenen Flächen, die in der tetraedrischen Hemiedrie als S-E ausgefallen sind.

Gewöhnlich sind solche Zwillinge Durchdringungszwillinge, so am Fahlerz (Fig. 103). Am Diamant wird durch die Durchdringung zweier

Individuen symmetrisch zur Hexaederfläche eine Furchung der Kanten hervorgebracht (Fig. 104).

Daneben kommen auch häufig normale Zwillinge vor, bei denen wohl ausnahmslos eine Tetraederfläche oder was dasselbe bedeutet, die darauf senkrechte Fläche des Triakistetraeders {*211*} die Zwillingsfläche abgiebt. Ein Beispiel liefert der Diamant (vergl. deswegen den speciellen Theil). Im Fall der Zinkblende jedoch, wo die beiden In-

Fig. 103.

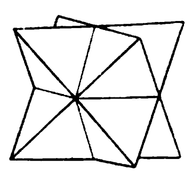


Fig. 104.

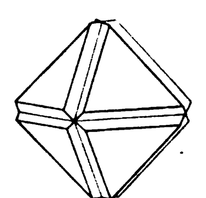
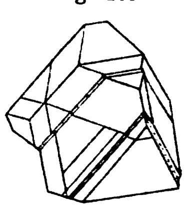


Fig. 105.



dividuen sich mit Tetraederflächen verschiedenen Vorzeichens berühren, erlaubt das Zwillingsgesetz nicht die doppelte Ausdruckweise; hier ist allein {*211*} Zwillingsgesetz (Fig. 105). Häufig sind auch nach diesem Gesetze Zwillingslamellen grösseren Individuen eingeschaltet, z. B. Zinkblende (Fig. 105).

Die Flächen des Rhombendodekaeders können, da sie S-E der tetraedrischen Formen sind, als Zwillingsflächen nicht erscheinen.

Beispiele der tetraedrischen Hemiedrie liefern die Krystalle von Diamant, Zinkblende, Fahlerz, Boracit etc.

III. Klasse. **Pentagonale Hemiedrie.**

(Dyakisdodekaedrische Klasse.)

Von den 9 S-E der Holoedrie wird die Gruppe der 6 gleichwerthigen S-E unterdrückt; es verbleiben demnach noch 3 gleichwerthige, senkrecht auf einander stehende S-E. Die Zahl der S-A vermindert sich gleichzeitig auf 7, von denen 4 dreizählig und 3 zweizählig sind. Das S-C bleibt erhalten. (Fig. 106.)

Anm. Somit hören die Rhombendodekaederflächen auf, S-E der pentagonalen Formen zu sein, während die Hexaederflächen S-E bleiben.

Damit die 6 gleichwerthigen S-E aus den Formen der Holoedrie verschwinden, muss die Auswahl der unterdrückten und der erhalten bleibenden Krystallräume so erfolgen, wie Fig. 107 veranschaulicht. Es verbleiben somit jedes Mal 24 gleiche Räume und es gehen 2 Reihen correlater Formen hervor, die geometrisch nur durch ihre Stellung verschieden sind und durch eine Drehung um 90° zur gegenseitigen Deckung gebracht werden können. Die correlaten Formen unterscheidet man auch hier wieder als positiv (direct) und negativ (invers).

Aus der Eintragung der Flächenpole eines der sphärischen Dreiecke in die Symmetriefigur 107 ergiebt der blosse Anblick, dass nur das Hexakisoktaeder und das Tetrakishexaeder besondere, durch die halbe

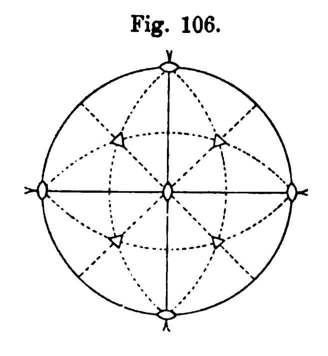


Fig. 106.

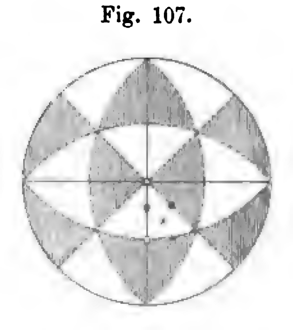


Fig. 107.

Flächenzahl ausgezeichnete Formen zu liefern vermögen, während die Pole aller anderen Flächen gleichzeitig in die verbleibenden wie in die unterdrückten sphärischen Dreiecke entfallen, somit bei diesen die äussere geometrische Form erhalten bleibt.

Anm. Das gleiche Resultat ergiebt sich auch, wenn man die hemiedrische Behandlung direct auf die einzelnen holoedrischen Formen anwendet, wie in den

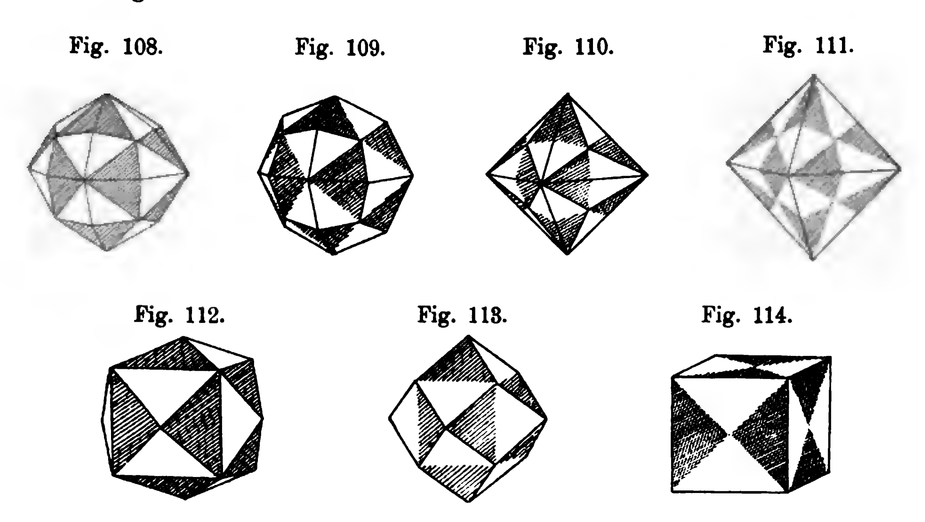


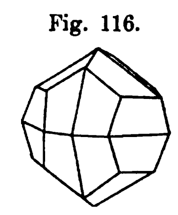
Fig. 108. Fig. 109. Fig. 110. Fig. 111. Fig. 112. Fig. 113. Fig. 114.

Fig. 108—114. Nur die Flächen des Hexakisoktaeders Fig. 108 und des Tetrakishexaeders Fig. 112 stehen nicht senkrecht auf den unterdrückten S-E, sind es also allein, die besondere Formen liefern.

Die einfachen Formen der pentagonalen Hemiedrie sind demnach folgende:

*1. Dyakisdodekaeder $_{pos}\{hkl\}$ und $_{neg}\{khl\}$, Fig. 115 u. 116, aus dem Hexakisoktaeder in 2 correlaten Formen hervorgehend.

Fig. 115. Fig. 116.



24 Flächen asymmetrisch (Trapeze). Kanten: 12 + 12 + 24; Ecken 6 + 8 + 12. Dreierlei Winkel. Die S-A verbinden je 2 Würfel- und Oktaederecken; die Krystallaxen münden in den Würfelecken.

2. Deltoidikositetraeder $\{hll\}$, die geometrisch unveränderte Form der Holoedrie, krystallographisch durch geringere Symmetrie unterschieden, die Flächen sind asymmetrisch.

3. Triakisoktaeder $\{kkl\}$, desgl., die Flächen sind asymmetrisch,

4. Oktaeder $\{111\}$, desgl., die Flächen sind asymmetrisch.

*5. Pentagondodekaeder $_{pos}\{hk0\}$ und $_{neg}\{kh0\}$, Fig. 117. aus dem Tetrakishexaeder in 2 correlaten Formen hervorgehend.

Fig. 117.

12 Flächen, monosymmetrisch (Pentagone mit 4 + 1 Seiten). Von den 24 + 6 Kanten fallen 6 Kanten in die Symmetrieebenen: sie heissen die charakteristischen Kanten; es sind das die ungleichen Seiten der Pentagone. Ecken 12 + 8; zweierlei Winkel. Die Krystallaxen verbinden die Mitten der charakteristischen Kanten, die S-A ausserdem noch die Oktaederecken. — Ein Pentagondodekaeder mit gleichseitigen Pentagonen, das regelmässige Pentagondodekaeder der Geometrie, kann als Krystallform nicht auftreten, da alsdann $h = 1 + \sqrt{5}$, also irrational wird.

6. Rhombendodekaeder $\{110\}$, die geometrisch unveränderte Form der Holoedrie. Die Flächen sind monosymmetrisch nach der längeren Diagonale des Rhombus.

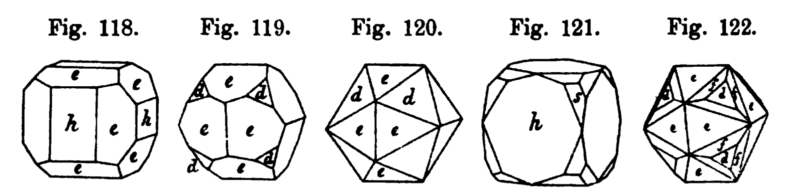
7. Hexaeder $\{100\}$, desgl., die Flächen sind disymmetrisch nach den Seiten des Quadrats.

Naumann's Bezeichnung. Die Formen erhalten die Zeichen ihrer Holoeder und, soweit sie sich geometrisch unterscheiden, noch den Nenner *2* und zum Unterschied von den tetraedrischen Formen eine eckige Klammer. Demnach sind die Symbole der 7 Formen der Reihe nach:

$$\pm\left[\frac{mOn}{2}\right],\quad mOm,\quad mO,\quad O,\quad \pm\left[\frac{\infty Om}{2}\right],\quad \infty O,\quad \infty O\infty.$$

Pentagonale Combinationen. In den Fig. 118—122 sind einige der häufigsten Combinationen, wie sie den Pyrit charakterisiren, zur

Fig. 118. Fig. 119. Fig. 120. Fig. 121. Fig. 122.



Darstellung gebracht. Es bedeutet

e das Pentagondodekaeder $\{210\}$,

s das Dyakisdodekaeder $\{421\}$,

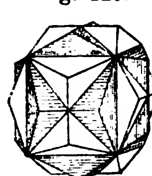
f das Dyakisdodekaeder {*321*},
h das Hexaeder {*100*},
d das Oktaeder {*111*}.

Die charakteristischen Kanten des Pentagondodekaeders werden durch die Hexaederflächen abgestumpft (Fig. 118); an den sogen. Oktaederecken des Pentagondodekaeders (Fig. 119), wie des Dyakisdodekaeders tritt das Oktaeder, an den Hexaederecken des Dyakisdodekaeders das Hexaeder auf. Das Rhombendodekaeder erscheint als Abstumpfung der Rhombendodekaederecken beider Formen. Die Combination {*210*}, {*111*} ähnelt bei gleich grosser Ausbildung der Flächen dem regelmässigen Ikosaeder der Stereometrie, das selbst wegen Irrationalität der Axenabschnitte nicht auftreten kann (Fig. 120). Tritt in diese Combination, wie das häufig am Pyrit der Fall ist, noch das Dyakisdodekaeder {*321*} ein, so bildet das letztere eine dreiflächige Umrahmung der Oktaederflächen (Fig. 122).

Zur mechanischen Entzifferung flächenreicher und verzerrter Combinationen ist das Dreieck Fig. 80 gleichfalls brauchbar.

Zwillinge. Die Zwillinge der pentagonalen Hemiedrie sind, wie zu erwarten, vorzugsweise Ergänzungszwillinge, d. h. die Individuen verwachsen symmetrisch zu den als S-E verloren gegangenen Rhombendodekaederflächen und erwerben dadurch die holoedrische Symmetrie wieder. Charakteristisch sind in dieser Beziehung die Durchdringungszwillinge des Pyrits (Fig. 123), die sogen. Zwillinge des „eisernen Kreuzes".

Fig. 123.



Vereinzelt kommen auch normale Zwillinge vor, so nach {*111*} ebenfalls am Pyrit. Nach den Hexaederflächen als S-E können keine Zwillingsverbindungen auftreten.

Beispiele der pentagonalen Hemiedrie liefern die Mineralien der Pyritgruppe: Pyrit, Glanzkobalt, Speiskobalt etc.

IV. Klasse. **Plagiedrische (gyroedrische) Hemiedrie.**

(Pentagonikositetraedrische Klasse.)

Sämmtliche 9 S-E der Holoedrie werden gleichzeitig unterdrückt, womit auch das S-C verschwindet. Die resultirenden Formen enthalten an Symmetrieelementen nur noch 13 S-A, von denen 3 vierzählig, 4 dreizählig und 6 zweizählig sind, und sind enantiomorph. (Fig. 124.)

Trifft man die der angegebenen Symmetriecharakteristik entsprechende Auswahl der erhalten bleibenden und der verschwindenden Krystallräume, wie es Fig. 125 zeigt, so erkennt man sogleich, dass allein das Hexa-

kisoktaeder besondere Formen liefert, und zwar 2 correlate, als rechts und links zu unterscheidende

*Pentagonikositetraeder *links*$\{h\,k\,l\}$ und *rechts*$\{k\,h\,l\}$, Fig. 126 u. 127.

24 Flächen, asymmetrisch, ungleichseitige Pentagone.

Die beiden correlaten, durch Drehung nicht mehr zur Deckung zu bringenden Formen erhält man entsprechend auch aus der Ausdehnung und Unterdrückung der Hexakisoktaederflächen nach Anleitung von Fig. 128.

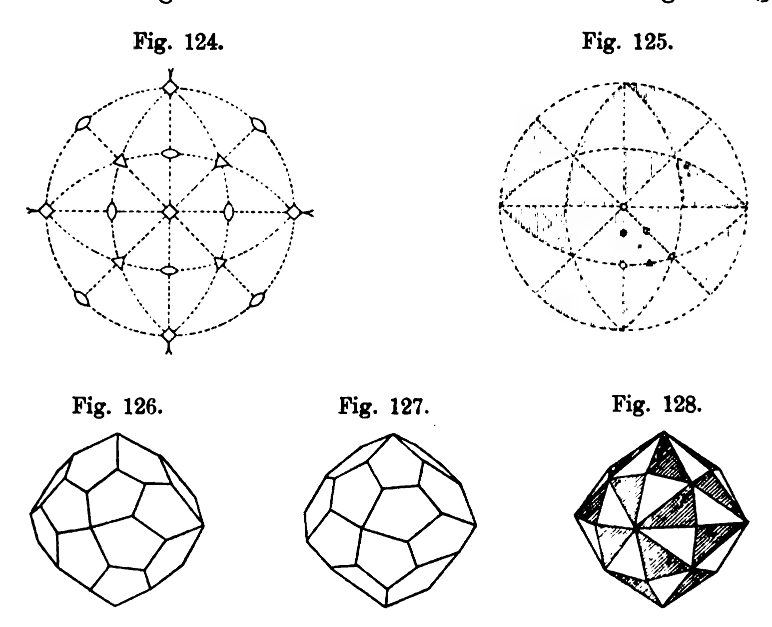


Fig. 124. Fig. 125.

Fig. 126. Fig. 127. Fig. 128.

Dagegen liefern die übrigen 6 holoedrischen Formen keine geometrisch verschiedenen Hemieder, wohl aber ist deren krystallographische Symmetrie vermindert: die Flächen aller plagiedrischen Formen sind asymmetrisch.

Diese Hemiedrie ist unter den Mineralien spärlich vertreten und wird gewöhnlich nur an den Aetzeindrücken erkannt.

Beispiele liefern: Rothkupfererz, Sylvin, Salmiak.

V. Klasse. **Tetartoedrie.**

(Tetraedrisch-pentagondodekaedrische Klasse.)

Keine S-E, 7 S-A, von denen 4 dreizählig, 3 zweizählig sind; kein S-C; die Formen sind enantiomorph. (Fig. 129.)

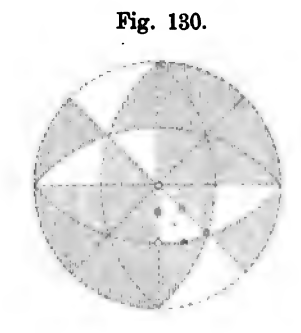
Sowohl die tetraedrischen wie die pentagonalen Hemieder besitzen noch Symmetrieebenen; sie können also noch einmal durch den Verlust

derselben zerfallen. In beiden Fällen entstehen aber dieselben tetartoedrischen Formen. Da keine S-E übrig bleiben, auch das S-C verschwunden ist, so können die correlaten Formen durch Drehung nicht mehr zur Deckung gebracht werden.

Nur das Hexakisoktaeder liefert, wie aus der Projection, Fig. 130, hervorgeht, besondere Tetartoeder, und zwar 4 correlate

Fig. 129.

Fig. 130.



*Tetraedrische Pentagondodekaeder, nämlich 2 positive rechte und linke Formen $\{khl\}$, Fig. 131 und $\{hkl\}$, Fig. 132 und 2 negative rechte und linke Formen $\{\bar{h}\bar{k}\bar{l}\}$ und $\{\bar{k}\bar{h}\bar{l}\}$, von denen die correlaten positiven, sowie die correlaten negativen Formen enantiomorph sind.

Fig. 131.

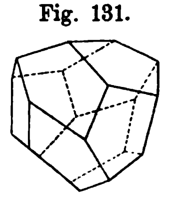


Fig. 132.

Die tetraedrischen Pentagondodekaeder werden von 12 asymmetrischen Flächen begrenzt, die ungleichseitige Pentagone bilden.

Reguläre tetartoedrische Mineralien sind bisher nicht beobachtet; dagegen sind an künstlichen Salzen, an den Nitraten von Baryum, Strontium und Blei, ferner am Natriumchlorat tetartoedrische Formen nachgewiesen.

2. Hexagonales System.

Des hexagonale System ist dadurch charakterisirt, dass seine Formen sich auf Axen beziehen lassen, von denen 2 gleich sind und sich unter 120° schneiden, während die dritte ungleiche Axe darauf senkrecht steht.

Daraus folgt:

1. für die Symmetriecharakteristik des Coordinatensystems bezw. der holoedrischen Klasse: 7 S-E, 7 S-A, 1 S-C und

2. für die geometrischen Constanten des Systems

$$a : a : c; \quad \alpha = 90^\circ, \quad \beta = 90^\circ, \quad \gamma = 120^\circ.$$

Die Axenelemente enthalten somit nur die **eine** Unbekannte $\frac{a}{c}$, sodass zur Bestimmung der Axenelemente eine einzige Winkelmessung ausreicht.

Die Axen werden so aufgestellt, dass die ungleiche Axe c vertical, die beiden gleichen horizontal stehen. Die Orientirung der horizontalen Axen, ihre Unterscheidung und ihre Vorzeichen gehen aus Fig. 133 hervor (BRAVAIS'sche Aufstellung).

Die charakteristischen Winkel-, resp. Symmetrieverhältnisse bringen es mit sich, dass noch eine Nebenaxe $a_{,,,}$ existirt, deren Abschnitte zwar für die geometrische Bezeichnung der Flächen überflüssig sind, aber des symmetrischen Aussehens der Flächensymbole wegen berücksichtigt werden müssen. Die einzelnen Flächen jeder Form bekommen nämlich nur dann gleiche Indices, wenn deren Abschnitte auf der Nebenaxe mit in das Symbol, das dadurch viergliedrig erscheint, hineingezogen wird. Selbstverständlich ist der Abschnitt auf der Nebenaxe $a_{,,,}$ von denen auf den Axen $a_{,}$ und $a_{,,}$ abhängig: der Index i der Zwischenaxe $a_{,,,}$ ist $= h + k$.

Fig. 133.

Fig. 134.

Beweis (Fig. 134). Die Abschnitte einer beliebigen Fläche KH auf den 3 Horizontalaxen $a_{,}$ $a_{,,}$ und $a_{,,,}$ seien der Reihe nach OH, OK, OJ; dann ist

$$OH : OK : OJ = \frac{1}{h} a : \frac{1}{k} a : \frac{1}{i} a.$$

Es verhält sich nun $OH : PH = OK : PJ$

oder $$OH : OH - OJ = OK : OJ.$$

das ist $$\frac{1}{h} a : \frac{1}{h} a - \frac{1}{i} a = \frac{1}{k} a : \frac{1}{i} a \text{ oder } i = h + k.$$

Da nach der zu Grunde gelegten Axenaufstellung die Zwischenaxe $a_{,,,}$ negatives Vorzeichen erhält, so ist $h + k + i = o$.

Werden statt der Indices die Coefficienten benutzt, schneiden also die beliebigen Flächen die Axen $a_{,}$, $a_{,,}$ und $a_{,,,}$ der Reihe nach in den Abständen a, ma und xa, so ergiebt sich in derselben Weise $x = \frac{m}{m+1}$.

Dem hexagonalen System gehören 12 Symmetrieklassen an; aus der holoedrischen Klasse, deren Symmetrieelemente durch diejenigen des Axenkreuzes gegeben sind, lassen sich die übrigen Klassen herleiten, und

zwar durch einmalige Hemiedrie 5 hemiedrische Klassen, durch Wiederholung der Hemiedrie weitere 5 tetartoedrische Klassen und schliesslich durch eine letzte hemiedrische Zerfällung 1 ogdoedrische Klasse. Von diesen 12 Klassen besitzen 4 eine polare Symmetrieaxe, sind somit hemimorph.

In der nachfolgenden Beschreibung der einzelnen Klassen hat die hemiedrische Ableitung den Eintheilungsgrund abgegeben. Sonst löst man die 12 Klassen wohl in 2 besondere Krystallsysteme auf, in das hexagonale System, ausgezeichnet durch eine 6-zählige Symmetrieaxe und in das trigonale System, ausgezeichnet durch eine 3-zählige Symmetrieaxe. Diesem hexagonalen System gehören dann die 5 nachgenannten Klassen VI, VII, X, XI und XIII an. Für das trigonale System, auf das die übrigen Symmetrieklassen entfallen, die sich noch wieder in 2 Gruppen zusammenfassen lassen, je nachdem auf der 3-zähligen Symmetrieaxe eine Symmetrieebene senkrecht steht oder nicht, wendet man gern ein Coordinatensystem an, das aus den Kanten des Rhomboeders hervorgeht, also „alle 3 Axen sind gleich und schneiden sich unter den gleichen schiefen Winkeln“.

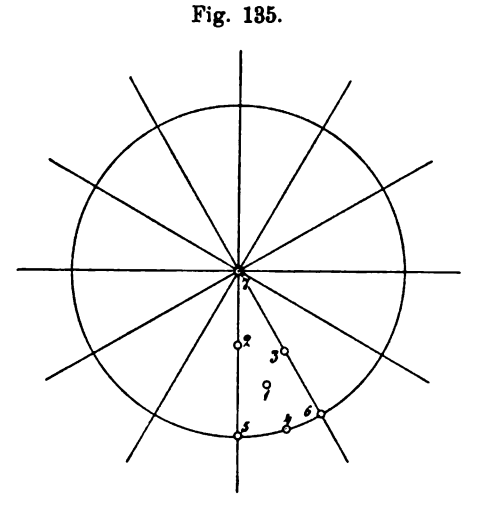
VI. Klasse. **Holoedrie.**

(Dihexagonal-bipyramidale Klasse.)

7 S-E, davon 1 horizontal und 6 unter 30° sich schneidende vertical. 7 S-A, davon 1 sechszählig und vertical und 6 zweizählige horizontal. S-C vorhanden.

Die Fig. 135 bringt die vorhandenen Symmetrieebenen zum Ausdruck, durch die die Kugeloberfläche in 24 gleichwerthige Dreiecke getheilt wird. In jedem dieser Dreiecke sind 7 Flächenlagen möglich, von denen sich allerdings die Pole 2 und 3, ferner 5 und 6 nur durch ihre Orientirung zum Axenkreuz unterscheiden. Daraus ergiebt sich die Zahl der möglichen einfachen Formen und die zu jeder Form erforderliche Flächenzahl.

Fig. 135.



In gleicher Weise werden die einfachen Formen mit ihren Flächen aus dem Symbol der allgemeinsten Fläche und dessen Specialisirung erhalten. Indem wir dieses Ver-

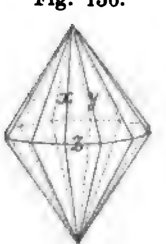
fahren einschlagen, bedienen wir uns wieder der direct abzulesenden Weiss'schen Coefficienten.

1. Jedem der durch die 7 Symmetrieebenen des Systems gebildeten 24 gleichwerthigen Räume muss eine Fläche mit dem allgemeinen Zeichen $a : ma : xa : nc$ (Pol 1 in Fig. 135) angehören. Die volle Form,

Dihexagonale Bipyramiden $(a : ma : -xa : nc)$; $\{hk\bar{i}l\}$ haben demnach 24 Flächen, Fig. 136.

Von den 24 Flächen schneiden je 12 das obere positive Ende der Verticalaxe, je 12 das untere negative Ende derselben, die ganze Form erscheint demnach als eine Doppelpyramide, was durch den Namen zum Ausdruck gebracht wird. Die Begrenzungsflächen sind ungleichseitige Dreiecke, also asymmetrisch. Die 36 Kanten sind dreierlei Art: 12 Mittelkanten z liegen in der horizontalen S-E, 12 Polkanten x und 12 Polkanten y liegen in den verticalen S-E. Ecken: 2 Polecken, sowie 6 spitzere und 6 stumpfere Mittelecken. Winkel ebenfalls dreierlei Art: nämlich solche an den Mittelkanten z, solche an den Polkanten x und solche an den Polkanten y.

Fig. 136.



Anm. Dihexagonale Bipyramiden, bei denen die Winkel x und y gleich sind, deren Querschnitt also ein regelmässiges Zwölfseit ist, können nicht auftreten, da alsdann die Axenabschnitte irrational werden. Es wird nämlich $m = 1 + \sqrt{3}$.

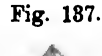
Durch Veränderung der Coefficienten von m und n gehen spitzere und stumpfere dihexagonale Bipyramiden hervor; nur in den nachstehenden Fällen resultiren besondere Formen.

2. Wird in den dihexagonalen Bipyramiden der Winkel an der Polkante $x = 180^{\circ}$, gleichbedeutend mit $m = \infty$, so fallen je 2 in der Kante x zusammenstossende Flächen zusammen:

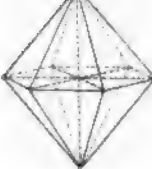
Hexagonale Bipyramiden I Art $(a : \infty a : -a : nc)$; $\{h0\bar{h}l\}$, Fig. 137, Pol 2.

Doppelpyramide mit 12 Flächen, von denen 6 dem oberen, 6 dem unteren Pol angehören; die Flächen bilden gleichschenklige Dreiecke, sind also monosymmetrisch. Kanten, Ecken und Winkel sind zweierlei. Die Horizontalaxen münden in den horizontalen Ecken.

Fig. 137.







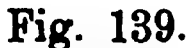
3. Wird in den dihexagonalen Bipyramiden der Winkel an der Polkante $y = 180^{\circ}$, gleichbedeutend mit $a_{,} = ma_{,,}$, also $m = 1$, so fallen je 2 in der Kante y zusammenstossende Flächen zusammen:

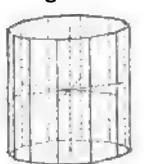
Hexagonale Bipyramiden II Art $(a : a : -\frac{1}{2}a : nc)$; $\{h.h.\overline{2h}.l\}$, Fig. 138, Pol 3.

Fig. 138.

Die Form hat wiederum 12 Flächen und stimmt hinsichtlich ihrer Gestalt, der Zahl und Beschaffenheit der Flächen, Kanten, Ecken und Winkel völlig mit der Bipyramide I Art überein; sie unterscheidet sich nur durch ihre Orientirung zu dem Axenkreuz, indem sie um 30° gedreht erscheint. Demnach münden die Horizontalaxen in den Mitten der horizontalen Kanten.

Für alle übrigen zwischen ∞ und *1* liegenden Werthe von m bleibt die allgemeine Gestalt der dihexagonalen Bipyramide erhalten, so dass die Bipyramiden I und II Art als Grenzformen der dihexagonalen Bipyramide zu betrachten sind. Dagegen gehen für $n = \infty$, gleichbedeutend mit Winkel an den Mittelkanten $z = 180^0$, aus den 3 Doppelpyramiden 3 neue Grenzformen, nämlich 3 Prismen hervor.


Fig. 139.

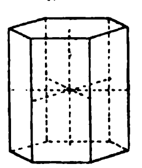


4. Aus der dihexagonalen Bipyramide resultirt als Grenzformen für $n = \infty$ das dihexagonale Prisma $(a : ma : -xa : \infty c)$; $\{hk\bar{i}0\}$, Fig. 139, Pol 4.

12 der Verticalaxe parallele Flächen von monosymmetrischer Symmetrie; zweierlei Winkel.

5. Aus der hexagonalen Bipyramide I Art in gleicher Weise das hexagonale Prisma I Art $a : \infty a : -a : \infty c)$; $\{h0\bar{h}0\}$, Fig. 140, Pol 5.

Fig. 140.

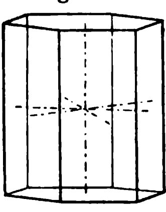


6 der Verticalaxe parallele Flächen von disymmetrischer Symmetrie; nur 1 Art Winkel von 120°; die Axen münden in den Mitten der Kanten.

6. Aus der hexagonalen Bipyramide II Art in gleicher Weise das hexagonale Prisma II Art $(a : a : -\frac{1}{2}a : \infty c)$; $\{11\bar{2}0\}$, Fig. 141, Pol 6.

Form die gleiche wie das Prisma I Art, nur um 30° gegen das Axenkreuz gedreht, sodass die Axen in den Mitten der Flächen, die ebenfalls disymmetrisch sind, münden.

Fig. 141.

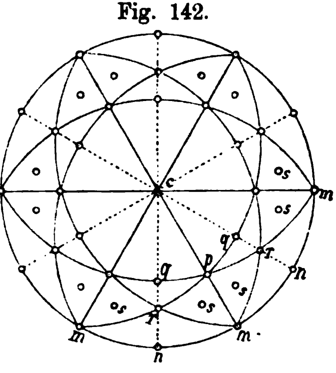


7. Endlich geht für $n = 0$ aus allen 3 Bipyramiden die gleiche Form, die hexagonale Basis $(\infty a : \infty a : \infty a : c)$; $\{0001\}$ hervor.

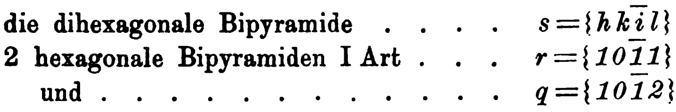
Nur 2 parallele Flächen (s. die obere und untere Begrenzung der Figuren 139—141) von hexasymmetrischer Symmetrie, die der horizontalen Symmetrieebene parallel laufen.

Die 7 einfachen Formen der Holoedrie bestehen demnach aus 3 Bipyramiden, aus denen als Grenzformen einerseits 3 Prismen, andererseits für alle gemeinsam die gleiche Basis hervorgehen. Die Flächen der Prismen I und II Art, sowie die der Basis entsprechen den Symmetrieebenen dieser Klasse.

Fig. 142.



In die Fig. 142, aus der neben der Symmetrie der Klasse auch die Lage der Axen und der Zonenverband hervorgeht, sind die nachstehenden Flächen verzeichnet:


die dihexagonale Bipyramide . . . . $s = \{hk\bar{i}l\}$
2 hexagonale Bipyramiden I Art . . . $r = \{10\bar{1}1\}$
und . . . . $q = \{10\bar{1}2\}$

die hexagonale Bipyramide II Art . . $p = \{11\bar{2}1\}$
das hexagonale Prisma I Art . . . . $n = \{10\bar{1}0\}$
das hexagonale Prisma II Art . . . . $m = \{11\bar{2}0\}$
die hexagonale Basis . . . . $c = \{0001\}$

Anm. Die Formen I und II Art lassen sich, wenn sie einzeln auftreten, nicht unterscheiden; nur in Combination oder mit Rücksicht auf das festgelegte Axenkreuz wird das möglich. In Fig. 143 ist die Orientirung der Formen I Art ($A\,A$), der Formen II Art ($B\,B$) und der dihexagonalen Formen ($C\,C$) sowohl zu einander, wie zu den Horizontalaxen zur Anschauung gebracht. — Da die 3 Prismen und die Basis für sich den Raum nicht abschliessen, so kann keine dieser 4 Formen allein, sondern muss stets in Combination mit anderen auftreten.

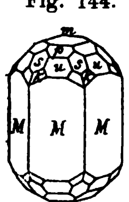
Fig. 143.

Naumann's Bezeichnung. Die sogen. Grundform, die hexagonale Bipyramide I Art ($a : \infty a : -a : c$) erhält das Zeichen P. Für alle übrigen durch m und n modificirten Formen gilt die Vorschrift, dass der Coefficient der Verticalaxe stets vor P, derjenige der Horizontalaxe, soweit er nicht 1 oder ∞ ist, die nicht geschrieben werden, hinter P steht. Demnach sind die Zeichen für die 7 einfachen Formen der Reihe nach:

nPm, nP, $nP2$, ∞Pm, ∞P, $\infty P2$, oP.

Combinationen. Die Deutung der holoedrischen Combinationen ist sehr einfach. Man stellt die Krystalle so auf, dass die 6-zählige Symmetrieaxe vertical steht. Nachdem man sich beliebig über die Art einer der auftretenden hexagonalen Bipyramiden oder Prismen entschieden hat, gehören alle in der Zone der Mittelkante irgend einer Bipyramide I Art gelegenen Flächen den Formen I Art, die in der Zone der Mittelkante der Bipyramide II Art liegenden Flächen den Formen II Art an. Die Formen, die weder in die eine noch die andere Zone fallen, sind solche der dihexagonalen Bipyramiden oder Prismen. Wie ersichtlich liegen die Formen II Art über den Kanten der Formen I Art und umgekehrt, während die dihexagonalen Formen in beiden Fällen den Kanten schief aufsitzen, demnach gehören also Formen, deren Flächen die Kanten einer Art gerade abstumpfen, der anderen Art an. Eine hexagonale Combination stellt Fig. 144 dar (Beryll). $M = \{10\bar{1}0\}$, $u = \{20\bar{2}1\}$, $p = \{10\bar{1}1\}$, $m = \{0001\}$, $s = \{11\bar{2}1\}$, $k = \{21\bar{3}1\}$.

Fig. 144.



Die Zwillinge der holoedrischen Klasse bieten nichts Besonderes.

Beispiele für die Holoedrie des hexagonalen Systems sind sehr selten: Beryll.

Hemiedrische Klassen.

Die Formen der Holoedrie können durch einmalige Anwendung der Hemiedrie in fünffach verschiedener Weise eine Verminderung ihrer

Symmetrieebenen erfahren, liefern also 5 hemiedrische Symmetrieklassen, von denen eine die Eigenschaft der Hemimorphie besitzt.

VII. Klasse. **Hemimorphie der Holoedrie.**

(Dihexagonal-pyramidale Klasse, Hemimorphe Hemiedrie.)

3 + 3 S-E, vertical, unter 30° sich schneidend, 1 polare sechszählige S-A; kein S-C.

Da die holoedrische Klasse eine zu einer singulären Axe senkrechte S-E besitzt, so kann diese für sich allein unterdrückt werden. Die entstehenden Formen heissen nach Früherem (S. 43) hemimorph. Auch ohne Figur ist leicht einzusehen, dass nur diejenigen holoedrischen Formen, deren Flächen die singuläre Axe schneiden, in besondere Halbflächner zerfallen; es gehen also aus den 3 Bipyramiden correlate obere und untere Pyramiden hervor und die Basis fällt in 2 Einzelflächen aus einander. Dagegen bleiben die Prismen geometrisch unverändert. Die Verticalaxe wird einseitig (polar) und damit hängt das pyroelektrische Verhalten zusammen.

Die 7 einfachen Formen dieser Hemimorphie bezw. Hemiedrie sind demnach:

Fig. 145.

1*. Dihexagonale Pyramiden, *oben* $\{hk\bar{i}l\}$ und *unten* $\{hk\overline{il}\}$, Fig. 145. Flächen asymmetrisch.

2*. Hexagonale Pyramiden I Art, *oben* $\{h0\bar{h}l\}$ und *unten* $\{h0\overline{hl}\}$. Flächen monosymmetrisch.

3*. Hexagonale Pyramiden II Art, *oben* $\{h.h.\overline{2h}.l\}$ und *unten* $\{h.h.\overline{2h.l}\}$. Flächen monosymmetrisch.

4. Dihexagonale Prismen $\{hk\bar{i}0\}$. Flächen asymmetrisch.

5. Hexagonales Prisma I Art $\{10\bar{1}0\}$. Flächen monosymmetrisch.

6. Hexagonales Prisma II Art $\{11\bar{2}0\}$. Flächen monosymmetrisch.

7*. Basis, *oben* $\{0001\}$ und *unten* $\{000\bar{1}\}$. Flächen hexasymmetrisch.

Da alle hemimorphen Formen offene sind, so können sie nie einzeln, sondern müssen stets in Combination auftreten.

Beispiele. Rothzinkerz, Wurtzit und Greenockit, Jodsilber.

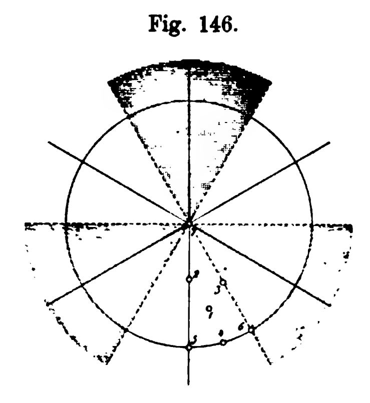
VIII. Klasse. **Trigonale Hemiedrie.**

(Ditrigonal-bipyramidale Klasse.)

4 S-E, davon 1 horizontal und 3 unter 60° sich schneidende vertical. 4 S-A, davon 1 dreizählig und vertical, sowie 3 zweizählige horizontal. S-C fehlt.

Die trigonale Hemiedrie geht aus der Holoedrie hervor, indem deren Formen 3 der verticalen S-E verlieren. Trägt man in die dieser

Fig. 146.



verminderten Symmetrie entsprechenden Symmetriefigur die Pole der 7 möglichen Flächenlagen ein, so lehrt der Anblick, dass durch diese Hemiedrie die dihexagonale Bipyramide, die Bipyramide I Art, das dihexagonale Prisma und das Prisma I Art in besondere Halbflächner zerfallen, während die Formen II Art und die Basis geometrisch unverändert bleiben, sich aber durch geringere krystallographische Symmetrie unterscheiden, Fig. 146 [1]).

Die 7 einfachen Formen der trigonalen Hemiedrie sind demnach:

1. *Ditrigonale Bipyramiden *pos* $\{hk\bar{i}l\}$ und *neg* $\{ik\bar{h}l\}$, Fig. 147.

12 Flächen, asymmetrisch (ungleichseitige Dreiecke). Polkanten und Polkantenwinkel abwechselnd ungleich. 6 gleiche, in einer Ebene liegende Mittelkanten, in deren Ecken die Horizontalaxen münden.

2. *Trigonale Bipyramiden I Art *pos* $\{h0\bar{h}l\}$ und *neg* $\{0h\bar{h}l\}$, Fig. 148.

6 Flächen, monosymmetrisch (gleichschenklige Dreiecke). 3 gleiche, in einer Ebene liegende Mittelkanten, in deren Ecken und Mitten die Horizontalaxen münden.

Fig. 147.

Fig. 148.

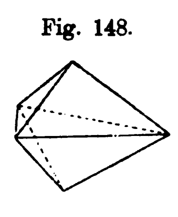


Fig. 149.

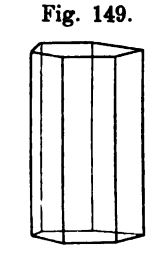
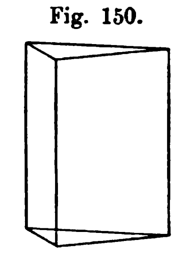


Fig. 150.



3. Hexagonale Bipyramiden II Art $\{h.h.\overline{2h}.l\}$.

6 asymmetrische Flächen, sonst wie die holoedrische Form.

4. *Ditrigonale Prismen *pos* $\{hk\bar{i}0\}$ und *neg* $\{ik\bar{h}0\}$, Fig. 149.

6 monosymmetrische Flächen mit abwechselnden Winkeln an den Verticalkanten.

---

[1]) In Fig. 146 sind die Flächen des Prismas I Art als S-E unterdrückt; im Wesen wird nichts geändert, wenn statt ihrer die Flächen des Prismas II Art als S-E verschwinden. Die resultirenden trigonalen Hemieder sind dann II Art, während die Formen I Art als hexagonale erhalten bleiben.

5. *Trigonale Prismen I Art $_{pos}\{10\bar{1}0\}$ und $_{neg}\{01\bar{1}0\}$, Fig. 150.

3 monosymmetrische Flächen mit gleichen Winkeln von 60° an den Verticalkanten.

6. Hexagonales Prisma II Art $\{11\bar{2}0\}$.

6 monosymmetrische Flächen, sonst wie die holoedrische Form.

7. Basis $\{0010\}$.

2 trisymmetrische Flächen, sonst wie die holoedrische Form.

Fig. 151.

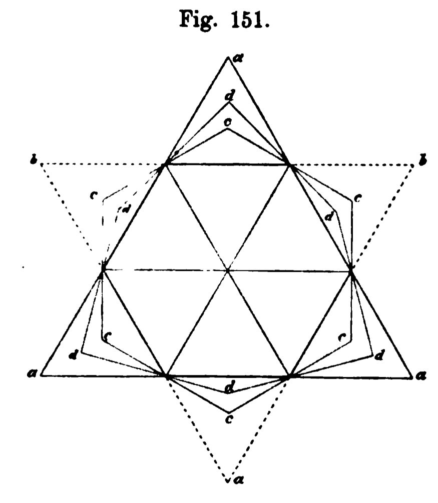


Fig. 151 stellt die Orientirung der trigonalhemiedrischen Formen zu einander und zu den Axen dar, sowie das Zerfallen der dihexagonalen Formen in 2 correlate (±) ditrigonale und der hexagonalen Formen I Art in 2 correlate (±) trigonale Hemieder.

Beispiele sind bisher nicht bekannt geworden.

IX. Klasse. **Rhomboedrische Hemiedrie.**

(Ditrigonal-skalenoedrische Klasse.)

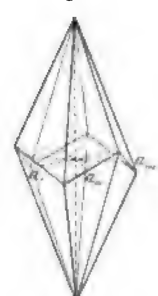
3 verticale, sich unter 60° schneidende S-E. 4 S-A, davon 1 dreizählig und vertical, sowie 3 zweizählige horizontal. S-C vorhanden.

Die rhomboedrische Hemiedrie leitet sich aus der Holoedrie ab durch Austritt der einen horizontalen und von 3 verticalen S-E. Trägt man in die zugehörige Symmetriefigur 152 die Pole der 7 möglichen Flächenlagen ein, so übersieht man, dass von den 7 einfachen Formen dieser Klasse nur die Pole 1 und 2 besonders gestaltete Hemieder, nämlich Skalenoeder und Rhomboeder ergeben, während die übrigen 5 Pole dieselbe Flächenzahl erfordern wie in der Holoedrie, daher diese Formen den entsprechenden holoedrischen geometrisch gleich sind. Correlate Formen sind nur stellungsverschieden und durch Drehung in einander überzuführen.

Fig. 152.

Die 7 einfachen Formen sind:

Fig. 153.



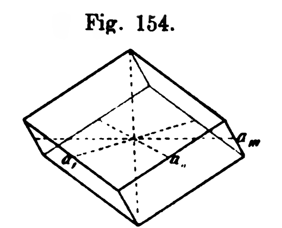
1. *Ditrigonale Skalenoeder $_{pos}\{hk\bar{i}l\}$ und $_{neg}\{kh\bar{i}l\}$. Fig. 153,

hervorgehend aus der dihexagonalen Bipyramide. 12 Flächen, asymmetrisch (ungleichseitige Dreiecke). 6 schärfere und 6 stumpfere Polkanten wechseln neben und über einander ab. 6 auf- und absteigende Mittelkanten, in deren Mitten die horizontalen Axen münden. Dreierlei Winkel.

2. *Rhomboeder $_{pos}\{h0\bar{h}l\}$ und $_{neg}\{0h\bar{h}l\}$, Fig. 154,

hervorgehend aus der hexagonalen Bipyramide I Art. 6 rhombische Begrenzungsflächen, monosymmetrisch (die verticale Diagonale der Rhomben bildet die Symmetrielinie). 6 gleiche Polkanten, die zu je 3 alternirend über oder unter einander liegen. 6 auf- und absteigende Mittelkanten, in deren Mitten die horizontalen Axen münden. 1 Art Winkel, da sich die Winkel an den Pol- und Mittelkanten zu 180° ergänzen.

Fig. 154.



3. Hexagonale Bipyramiden II Art $\{h.h.\bar{2h}.l\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedr. Form.

4. Dihexagonale Prismen $\{hk\bar{i}0\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

5. Hexagonales Prisma I Art $\{10\bar{1}0\}$.

Flächen monosymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

6. Hexagonales Prisma II Art $\{11\bar{2}0\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

7. Basis $\{0001\}$.

Flächen trisymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

Anm. Dass in der rhomboedrischen Hemiedrie nur die dihexagonalen Bipyramiden und die hexagonalen Biyramiden I Art besonders gestaltete Hemieder liefern, lässt sich auch in der schon beim regulären System angewendeten Weise zeigen, indem man die hemiedrische Zerfällung an jeder einzelnen holoedrischen Form ausführt. Nur die Flächen der beiden genannten holoedrischen Formen stehen nicht senkrecht auf den Symmetrieebenen dieser Klasse. Wählt man nach Maassgabe der hier vorhandenen Symmetrie, wie das in den Fig. 155 u. 156 geschehen ist, die erhalten bleibenden und die verschwindenden Flächen aus, so resultiren einerseits Skalenoeder, andererseits Rhomboeder, und man erkennt zugleich, dass bei diesen Formen die Horizontalaxen nicht in den Ecken, sondern in den Mitten der Mittelkanten ausmünden müssen.

Fig. 155.

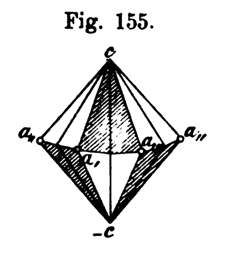
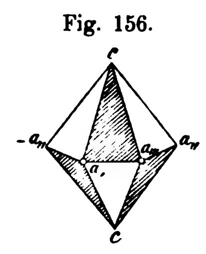


Fig. 156.



Combinationen. Die Aufstellung erfolgt so, dass die 3-zählige Symmetrieaxe vertical steht. Bei Deutung rhomboedrischer Combinationen hat man immer von einem, im Uebrigen willkürlich zu wählenden

Rhomboeder auszugehen. Alle anderen Rhomboeder derselben Combination unterscheiden sich nur durch die Länge des Abschnittes auf der Verticalaxe und eventuell durch das Vorzeichen, d. h. die Stellung zum Axenkreuz. Um diese Unterschiede durch eine kurze, aber geometrisch ausreichende Bezeichnung auszudrücken, bedient man sich mit dem Vortheil des von NAUMANN eingeführten Buchstabens R für dasjenige Rhomboeder, dessen Flächen die Axe c im Abstande 1 schneiden, und das auch wohl Hauptrhomboeder genannt wird. Alle übrigen Rhomboeder werden dann als $\pm 2R$, $\pm 3R$, $\pm {}^1/_2 R$, $\pm {}^1/_4 R$ u. s. w. unterschieden, je nachdem sie die Verticalaxe in 2-, 3-, $^1/_2$-, $^1/_4$- etc.-fachem Abstand schneiden.

Alle Rhomboeder, die ihre Flächen nach derselben Richtung wie das Ausgangsrhomboeder wenden, haben das gleiche, also positive Vorzeichen, die ihre Kanten in diese Richtung wenden, das negative Vorzeichen. — Dasjenige Rhomboeder, das die Kanten eines anderen, etwa $+R$ gerade abstumpft, hat nur eine halb so lange Verticalaxe, heisst daher erstes stumpferes und hat entgegengesetztes Vorzeichen, also $-\frac{1}{2}R$ (Fig. 157); umgekehrt ist das Rhomboeder $+R$ das erste spitzere zu dem Rhomboeder $-\frac{1}{2}R$. Das zweite stumpfere $\frac{1}{4}R$ und das zweite spitzere $4R$ haben wieder dasselbe Vorzeichen wie das Ausgangsrhombo-

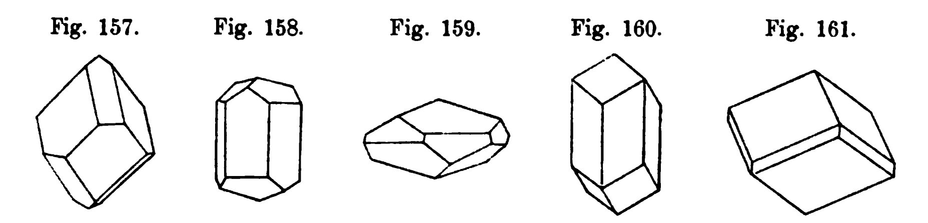


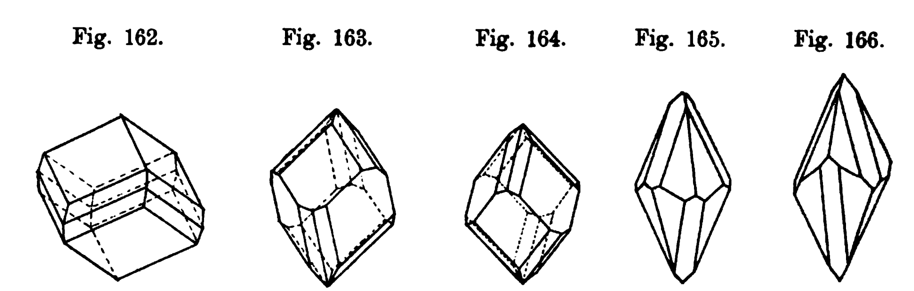
Fig. 157. Fig. 158. Fig. 159. Fig. 160. Fig. 161.

eder. — Stets giebt die Lage irgend einer Rhomboederfläche die Stellung der Formen I Art an; es muss also das Prisma I Art stets unter den Rhomboederflächen erscheinen, also die Ecken abstumpfen, Fig. 158 u. 159, während das Prisma II Art die Mittelkanten des Rhomboeders abstumpft, Fig. 160 u. 161 (s. auch Fig. 172, wo das Rhomboeder P die Art [II Art] des Primas s und der Bipyramide r bestimmt).

Was die Vorzeichen der Skalenoeder anlangt, so erhalten dieselben ein positives Vorzeichen, wenn deren stumpfere Polkanten über den Flächen eines positiven Rhomboeders liegen, sie werden negativ, wenn ihre schärferen Kanten diese Lage haben.

Jedem Skalenoeder lassen sich 3 Rhomboeder einschreiben, welche mit jenem entweder die Mittelkanten Fig. 162, oder die schärferen (kürzeren) Polkanten Fig. 163, oder die stumpferen (längeren) Polkanten Fig. 164 gemeinsam haben. Ebenso sind 2 umschriebene Rhomboeder, das der

schärferen Fig. 165 und das der stumpferen Kanten Fig. 166 möglich. Die Indices dieser 5 Rhomboeder lassen sich durch Deduction aus dem Zonenverbande leicht herleiten, da in jedem Fall eine Rhomboederfläche


Fig. 162. Fig. 163. Fig. 164. Fig. 165. Fig. 166.

in die Zone zweier Skalenoederkanten fällt. Zwei der Rhomboeder, das eingeschriebene der stumpferen Kanten und das umschriebene der schärferen Polkanten, unterscheiden sich auch noch durch das Vorzeichen von dem Skalenoeder und den 3 anderen Rhomboedern.

Da zu jedem Skalenoeder ein Rhomboeder mit den gleichen Mittelkanten existirt, so ist ein jedes Skalenoeder geometrisch bestimmt, sobald man neben dem Zeichen des zugehörigen Mittelkanten-Rhomboeders noch das Verhältniss kennt, in dem die beiderseitigen Verticalaxen zu einander stehen. Auf diesem Umstande beruht das wegen seiner Kürze viel gebrauchte NAUMANN'sche Symbol für die Skalenoeder. Man schreibt das Zeichen des zugehörigen Mittelkanten-Rhomboeders und setzt hinter dasselbe den Quotienten aus der Verticalaxe des Skalenoeders dividirt durch die des Rhomboeders. So bedeutet R_3 ein Skalenoeder, dessen Verticalaxe dreimal so lang ist als die des zugehörigen Mittelkanten-Rhomboeders *R*.

Die Fig. 167—173 stellen rhomboedrische Combinationen dar, und zwar:

Fig. 167. Skalenoeder mit Prisma II Art.

Fig. 168. Rhomboeder (*P*) mit Rhomboeder der Mittelkanten (*r*); beide Formen haben das gleiche Vorzeichen.

Fig. 169. 2 Rhomboeder (*P* und *m*) und 2 Skalenoeder (*r* und *y*); *P* ist für *r* das Rhomboeder der Mittelkanten, *m* für *y* das umschriebene Rhomboeder der Polkanten; alle Formen haben das gleiche Vorzeichen.

Fig. 170. Positives Skalenoeder mit Prisma I Art und negativem Skalenoeder.

Fig. 171. Rhomboeder mit 2 Skalenoedern, die verschiedenes Vorzeichen haben.

Fig. 172. Rhomboeder (*P*) mit Prisma II Art (*s*) und Bipyramide II Art (*r*).

Fig. 173. Rhomboeder (*P*) mit dem zweiten stumpferen Rhomboeder (*s*) und Bipyramide II Art (*n*).

Zwillinge. Ergänzungszwillinge nach dem Prisma I Art, wobei die gemeinsame Basis Verwachsungsfläche und die Symmetrie der holoedrischen Formen wieder hergestellt wird, sind nicht selten (Fig. 174);

nicht minder normale Zwillinge nach verschiedenen Rhomboederflächen (Fig. 175). Für beides liefert der Kalkspath Beispiele.

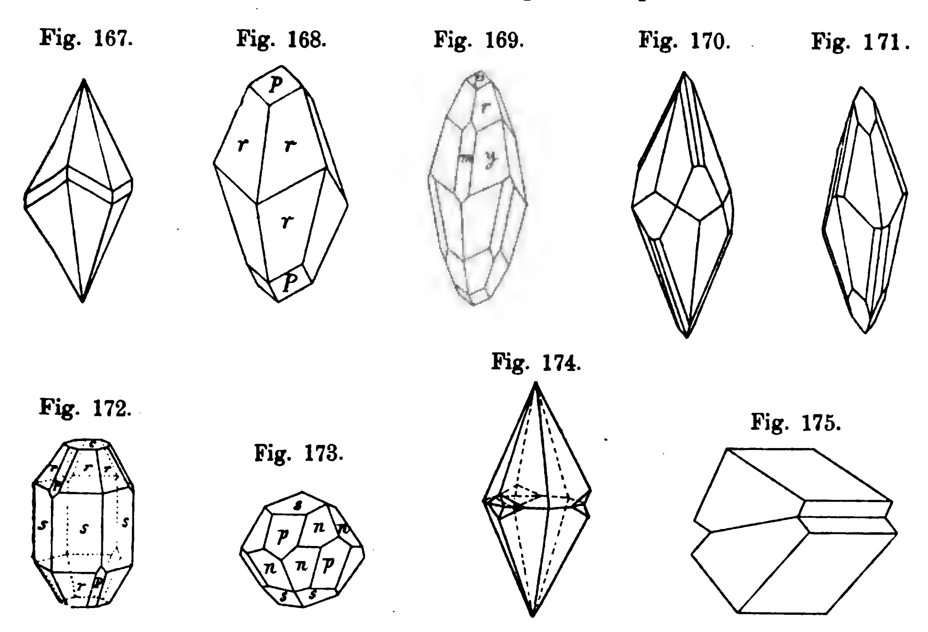


Fig. 167. Fig. 168. Fig. 169. Fig. 170. Fig. 171. Fig. 172. Fig. 173. Fig. 174. Fig. 175.

Beispiele der rhomboedrischen Hemiedrie sind sehr häufig: Kalkspath, Korund, Eisenglanz etc.

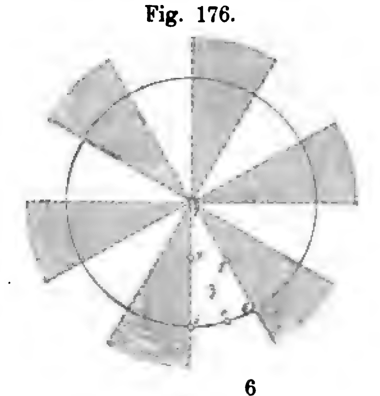
X. Klasse. **Pyramidale Hemiedrie.**

(Hexagonal-bipyramidale Klasse.)

1 horizontale S-E, 1 verticale sechszählige S-A. S-C vorhanden.

Die pyramidale Hemiedrie geht aus der Holoedrie hervor, indem deren Formen alle 6 verticalen S-E verlieren. Trägt man in die dieser verminderten Symmetrie entsprechende Symmetriefigur die Pole der 7 möglichen Flächenlagen ein, so lehrt der Anblick, dass durch diese Hemiedrie nur die dihexagonale Bipyramide und das dihexagonale Prisma in besondere Halbflächner zerfallen, während die übrigen Formen geometrisch unverändert bleiben (Fig. 176).

Fig. 176.



Die 7 einfachen Formen der pyramidalen Hemiedrie sind demnach:

1. *Hexagonale Bipyramiden III Art $_{pos}\{hk\bar{i}l\}$ und $_{neg}\{i\bar{k}\bar{h}l\}$, gehen aus der dihexagonalen Bipyramide hervor und gleichen geometrisch den Bipyramiden I und II Art, von denen sie sich nur durch die Stellung zu den Horizontalaxen, die weder in den Ecken noch in den Mitten, sondern an wechselnder Stelle der Mittelkanten münden, und durch ihre asymmetrischen Flächen unterscheiden.

2. Hexagonale Bipyramiden I Art $\{h0\bar{h}l\}$.
Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

3. Hexagonale Bipyramiden II Art $\{h.h.\overline{2h}.l\}$.
Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

4. *Hexagonale Prismen III Art $_{pos}\{hk\bar{i}0\}$ und $_{neg}\{i\bar{k}\bar{h}0\}$, gehen aus dem dihexagonalen Prisma hervor und gleichen geometrisch den Prismen I und II Art. Der Unterschied liegt darin, dass die Horizontalaxen an wechselnder Stelle der Flächen, nur nicht in den Ecken und Mitten derselben münden, und dass die Flächen monosymmetrisch sind.

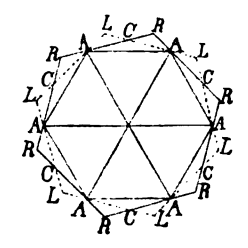
5. Hexagonales Prisma I Art $\{10\bar{1}0\}$.
Flächen monosymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

6. Hexagonales Prisma II Art $\{11\bar{2}0\}$.
Flächen monosymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

7. Basis $\{0001\}$.
Flächen monosymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

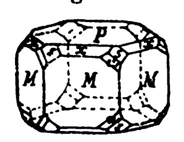
Die beiden besonderen Formen dieser Hemiedrie sind somit äusserlich nur durch ihre Orientirung zum Axenkreuz von den entsprechenden Formen I und II Art unterschieden, zwischen denen sie gewissermassen liegen. Sie heissen daher auch wohl Formen der Zwischenstellung. Das Schema Fig. 177 erläutert diese Zwischenstellung der Bipyramiden und Prismen III Art zwischen denen I und II Art. Man versteht auch sofort, dass die Formen III Art, ebenso wie die I und II Art, nur dann als solche erkannt werden können, sobald sie mit einander in Combination auftreten. Was dann im Uebrigen als Form I, II oder III Art bezeichnet werden soll, hängt von dem Belieben des Beschauers ab.

Fig. 177.



Beispiele der pyramidalen Hemiedrie liefern die Mineralien der Apatitgruppe: Apatit, Pyromorphit, Mimetesit etc. Fig. 178 stellt eine gewöhnliche Combination des Apatits dar: $M=\{10\bar{1}0\}$, $P=\{0001\}$, $x=\{10\bar{1}1\}$, $s=\{11\bar{2}1\}$, $u=\{12\bar{3}1\}$.

Fig. 178.



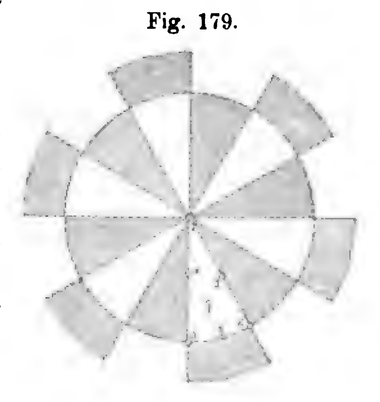
XI. Klasse. **Trapezoedrische Hemiedrie.**

(Hexagonal-trapezoedrische Klasse.)

Keine S-E. 7 S-A, davon 1 sechszählige vertical und 6 zweizählige horizontal; kein S-C. Die Formen sind daher enantiomorph.

Sämmtliche S-E der holoedrischen Formen sind in der trapezoedrischen Hemiederie verloren worden. Aus der beistehenden Symmetriefigur ergiebt sich alsdann, dass nur die dihexagonalen Bipyramiden in besondere Halbflächner zerfallen, während die übrigen holoedrischen Formen in dieser Symmetrieklasse geometrisch unverändert bleiben; dagegen ist bei allen Formen die Flächensymmetrie asymmetrisch.

Fig. 179.

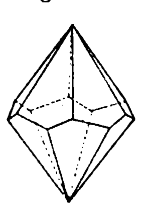


Die besonderen, aus der dihexagonalen Bipyramide hervorgehenden Formen heissen

* Hexagonale Trapezoeder, *rechts* $\{h k \bar{i} l\}$ und *links* $\{i \bar{k} \bar{h} l\}$, Fig. 180 u. 181.

12 Flächen, asymmetr. (Trapeze). 12 gleiche Polkanten, 6 + 6 auf- und absteigende Mittelkanten. Die Axen münden an wechselnder Stelle, jedoch nicht in der Mitte und nicht in den Ecken der Mittelkanten. Die correlaten Formen sind als rechte und linke zu unterscheiden.

Fig. 180. Fig. 181.



Beispiele für diese Hemiedrie kennt man unter den Mineralien noch nicht; nur einige künstliche Salze sind als hierher gehörig bekannt.

Tetartoedrische Klassen.

Von den 5 vorstehend beschriebenen hemiedrischen Klassen besitzen 4 noch Symmetrieebenen, können also noch weiter hemiedrisch werden; die dabei hervorgehenden Formen sind mit Rücksicht auf die Holoeder demnach tetartoedrisch. Derartige tetartoedrische Klassen lassen sich im Ganzen 5 ableiten; von diesen tragen 2 den Charakter der Hemimorphie, da sie durch den Verlust einer singulären Symmetrieebene, wie solche sich noch bei der trigonalen und pyramidalen Hemiedrie findet, entstehen. Diese beiden hemimorphen Klassen sollen zunächst aufgeführt werden.

XII. Klasse. **Hemimorphie der trigonalen Hemiedrie.**
(Ditrigonal-pyramidale Klasse.)

3 verticale S-E, die sich unter 60° schneiden. 1 verticale dreizählige polare S-A. Kein S-C.

Die Symmetrieklasse geht mit demselben Resultat aus Klasse VII (Hemimorphie der Holoedrie) hervor, indem 3 der verticalen S-E unterdrückt werden, wie aus Klasse VIII (trigonale Hemiedrie) durch Auseinanderfallen der Formen nach der horizontalen S-E. Legen wir die letztere Entstehung zu Grunde, so erkennen wir sofort, dass sich die Formen der trigonalen Hemiedrie wiederholen mit dem Unterschied, dass deren Bipyramiden in je 2 correlate Pyramiden zerfallen, die in ihrem Auftreten unabhängig von einander sind. Die Basis zerfällt in 2 Einzelflächen.

Die 7 einfachen Formen dieser Hemimorphie bezw. Tetartoedrie sind demnach:

Fig. 182.

1. *Ditrigonale Pyramiden, *oben* $\{hk\bar{i}l\}$ u. $\{i\bar{h}\bar{k}l\}$, *unten* $\{hk\bar{i}\bar{l}\}$ u. $\{i\bar{h}\bar{k}\bar{l}\}$.
4 correlate Formen mit asymmetrischen Flächen (Fig. 182).

2. *Trigonale Pyramiden I Art, *oben* $\{h0\bar{h}l\}$ u. $\{0h\bar{h}l\}$, *unten* $\{h0\bar{h}\bar{l}\}$ u. $\{0h\bar{h}\bar{l}\}$.
4 correlate Formen mit monosymmetrischen Flächen.

3. *Hexagonale Pyramiden II Art $\{h.h.\overline{2h}.l\}$ u. $\{h.h.\overline{2h}.\bar{l}\}$.
2 correlate Formen mit asymmetrischen Flächen.

4. *Ditrigonale Prismen, *oben* $\{hk\bar{i}0\}$ und *unten* $\{kh\bar{i}0\}$.
2 correlate Formen mit asymmetrischen Flächen.

5. *Trigonale Prismen I Art, *oben* $\{10\bar{1}0\}$ und *unten* $\{01\bar{1}0\}$.
2 correlate Formen mit monosymmetrischen Flächen.

6. Hexagonales Prisma II Art $\{11\bar{2}0\}$.
Geometrisch unveränderte Form, jedoch mit asymmetrischen Flächen.

7. *Basis, *oben* $\{0001\}$ und *unten* $\{000\bar{1}\}$.
2 correlate Formen aus je einer trisymmetrischen Fläche bestehend.

Combinationen. Als hemimorphe Formen sind sämmtliche Formen offene, können also niemals einzeln, sondern müssen stets in Combination auftreten. Die Combinationen dieser wichtigen Hemimorphie haben gewöhnlich ausgeprägt rhomboedrischen Habitus, zumal wenn man bei pyramidaler Ausbildung der Krystalle nur einzelne Enden derselben zu Gesicht bekommt. Es gleicht dann die häufige Combination der trigonalen und ditrigonalen Pyramide mit dem hexagonalen Prisma II Art vollständig der rhomboedrischen Combination eines Rhomboeders mit Skalenoeder und Prisma II Art. Sobald aber auch das entgegengesetzte

Ende des Krystalles zu beobachten ist oder sobald das trigonale Prisma I Art mit seinen 3 Flächen auftritt, ist die Verwechslung ausgeschlossen. Es wird dadurch verständlich, wenn man die hierhergehörigen Formen früher als Hemimorphie der rhomboedrischen Hemiedrie aufgefasst hat. Durch die Combination des trigonalen Prismas II Art mit dem Prisma I Art erlangen die Krystalle, z. B. die des Turmalins, einen charakteristischen 9-seitigen Querschnitt.

Die bei der trigonalen Hemiedrie gegebene Fig. 151 ist auch hier geeignet, die Formen überhaupt, sowie deren relative Orientirung zu einander und zu den Horizontalaxen zu erläutern.

Eine am Turmalin gewöhnliche Combination ist in Fig. 183 zur Darstellung gebracht: P (oben) $= \{10\bar{1}1\}$ und P (unten) $= \{01\bar{1}\bar{1}\}$, ferner $o = \{0\bar{2}11\}$ und $n = \{10\bar{1}2\}$ sind trigonale Pyramiden, $l = \{01\bar{1}0\}$ ist ein trigonales, $s = \{11\bar{2}0\}$ das hexagonale Prisma II Art.

Fig. 183.

Zwillinge. Bei den tetartoedrischen Formen dieser Hemimorphie wird man von vornherein mehrere Arten charakteristischer Ergänzungszwillinge zu erwarten haben. Solche treten nach 3 Gesetzen auf: 1. durch symmetrische Verwachsung zur Basis wird die Symmetrie der trigonalen Hemiedrie (Klasse VIII) wieder erworben; 2. durch Verwachsung nach einem trigonalen Prisma I Art erlangen die Formen die Symmetrie der hemimorphen Hemiedrie (Klasse VII) und 3. nach dem hexagonalen Prisma II Art erlangen sie die Symmetrie der rhomboedrischen Hemiedrie (Klasse IX). Zwillinge der letzten Art sind sehr häufig am Pyrargyrit.

Beispiele: Pyrargyrit (Rothgültigerz), Turmalin.

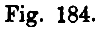
XIII. Klasse. **Hemimorphie der pyramidalen Hemiedrie.**

(Hexagonal-pyramidale Klasse.)

Ohne S-E, 1 verticale sechszählige polare S-A; keine S-C. Die Formen sind enantiomorph.

Es wiederholen sich die Formen der pyramidalen Hemiedrie mit dem Unterschied, dass deren Bipyramiden in je 2 selbständige correlate Pyramiden zerfallen und die Basis 2 Einzelflächen giebt.

Fig. 184.



Die 7 einfachen Formen dieser Hemimorphie bezw. Tetartoedrie sind demnach:

1.*Hexagonale Pyramiden III Art, oben $\{hk\bar{i}l\}$ und $\{i\bar{k}\bar{h}l\}$, Fig. 184, unten $\{hk\bar{i}\bar{l}\}$ und $\{i\bar{k}\bar{h}\bar{l}\}$.

2. *Hexagonale Pyramiden I Art, $_{oben}\{h0\bar{h}l\}$ und $_{unten}\{h0\bar{h}\bar{l}\}$.

3. *Hexagonale Pyramiden II Art, $_{oben}\{h.h.\overline{2h}.l\}$ und $_{unten}$ $\{h.h.\overline{2h}.\bar{l}\}$.

4. *Hexagonale Prismen III Art $\{hk\bar{i}0\}$ und $\{ik\bar{h}0\}$.

5. Hexagonales Prisma I Art $\{10\bar{1}0\}$.

6. Hexagonales Prisma II Art $\{11\bar{2}0\}$.

7. *Basis, $_{oben}\{0001\}$ und $_{unten}\{000\bar{1}\}$.

Die Flächen aller Formen sind asymmetrisch.

Da die einfachen Formen offene sind, so können nur Combinationen auftreten.

Ergänzungszwillinge nach den verloren gegangenen Symmetrieebenen sind charakteristisch: 1. durch symmetrische Verwachsung nach der Basis wird die Symmetrie der pyramidalen Hemiedrie, 2. durch Verwachsung symmetrisch zu den Prismenflächen I und II Art wird die Symmetrie der hemimorph-holoedrischen Klasse hergestellt. Treten beide Gesetze zugleich auf und sind dabei die Individuen durch einander gewachsen, so entstehen scheinbar holohexagonale Krystalle, wie das in typischer Weise am Nephelin der Fall ist.

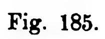
Beispiele: Nephelin und einige künstliche Salze.

XIV. Klasse. **Trigonale Tetartoedrie.**

(Trigonal-bipyramidale Klasse.)

1 horizontale S-E, 1 verticale dreizählige S-A. Kein S-C.

Die trigonale Tetartoedrie geht aus der trigonalen Hemiedrie hervor, indem deren Formen die verbliebenen 3 verticalen S-E verlieren. Die resultirenden Formen besitzen alsdann noch eine horizontale S-E, können somit noch weiter einer hemimorphen Behandlung unterworfen werden (s. Klasse XVII).



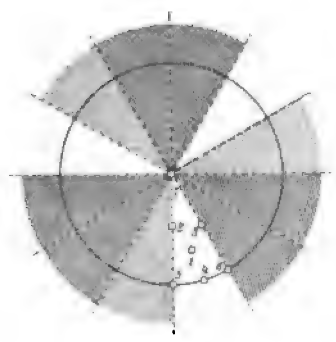


Fig. 185.

Trägt man in die Symmetriefigur der trigonalen Tetartoedrie die Pole der 7 möglichen Flächenlagen ein, so ergiebt sich, dass mit Ausnahme der Basis sämmtliche Holoeder besondere tetartoedrische Formen liefern, die theils die Hälfte, theils den vierten Theil der holoedrischen Flächenzahl besitzen (Fig. 185).

Die 7 einfachen Formen der trigonalen Tetartoedrie sind der Reihe nach:

1. *Trigonale Bipyramiden III Art $\{hk\bar{i}l\}$ (Fig. 186), und $\{kh\bar{i}l\}$ $\{i\bar{k}\bar{h}l\}$ und $\{i\bar{h}\bar{k}l\}$.
   4 correlate Formen; 6 asymmetrische Flächen.
2. *Trigonale Bipyramiden I Art $\{h0\bar{h}l\}$ und $\{0h\bar{h}l\}$.
   2 correlate Formen; 6 asymmetrische Flächen.
3. *Trigonale Bipyramiden II Art $\{h.h.\bar{2h}.l\}$ und $\{2h.\bar{h}.\bar{h}.l\}$.
   2 correlate Formen; 6 asymmetrische Flächen.

Fig. 186.

4. *Trigonale Prismen III Art $\{hk\bar{i}0\}$ und $\{kh\bar{i}0\}$, $\{i\bar{k}\bar{h}0\}$ und $\{i\bar{h}\bar{k}0\}$.
   4 correlate Formen; 3 monosymmetrische Flächen.
5. *Trigonale Prismen I Art $\{10\bar{1}0\}$ und $\{01\bar{1}0\}$.
   2 correlate Formen; 3 monosymmetrische Flächen.
6. *Trigonale Prismen II Art $\{11\bar{2}0\}$ und $\{2\bar{1}\bar{1}0\}$.
   2 correlate Formen; 3 monosymmetrische Flächen.
7. Basis $\{0001\}$.
   2 parallele, asymmetrische Flächen.

Die 3 Bipyramiden und ebenso die 3 Prismen I, II und III Art unterscheiden sich nur durch ihre Stellung zum Axenkreuz; man kann sie also nur in Combinationen aus einander halten.

Beispiele dieser Tetartoedrie sind nicht bekannt.

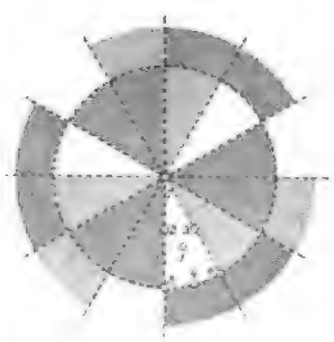
XV. Klasse. **Trapezoedrische Tetartoedrie.**

(Trigonal-trapezoedrische Klasse.)

Keine S-E. 4 S-A, davon 1 dreizählig und vertical, sowie 3 zweizählige horizontal Kein S-C. Die Formen sind enantiomorph.

Die trapezoedrische Tetartoedrie geht aus der rhomboedrischen Hemiedrie hervor durch erneuerte Anwendung der hemiedrischen Zerfällung. Dabei verlieren die Formen der rhomboedrischen Hemiedrie die ihnen verbliebenen 3 verticalen S-E, womit gleichzeitig der Verlust des S-Centrums verknüpft ist, was die Enantiomorphie correlater Formen bedingt. Die Krystalle dieser Symmetrieklasse zeigen Circularpolarisation.

Fig. 187.



Aus der der Symmetrie der trapezoedrischen Tetartoedrie entsprechenden Polfigur ergeben sich in üblicher Weise die 7 einfachen Formen mit der erforderlichen Flächenzahl. Es sind dies der Reihe nach:

1. *Trigonale Trapezoeder, *rechts pos* $\{hk\bar{i}l\}$ u. *rechts neg* $\{\bar{k}i\bar{h}l\}$, *links pos* $\{i\bar{k}\bar{h}l\}$ u. *links neg* $\{kh\bar{i}l\}$.

Tetartoedrische Formen der dihexagonalen Bipyramiden. 6 Flächen asymmetrisch (Trapeze), liegen abwechselnd über bezw. unter den 6 Polkanten. 6 auf- und absteigende Mittelkanten, die abwechselnd gleich lang sind. Die Horizontalaxen münden zwischen den Mitten und Ecken der Mittelkante. 2 Arten Winkel. Correlate rechte und linke Formen werden durch Drehung nicht mehr zur Deckung gebracht. (Fig. 188 u. 189 sind 2 enantiomorphe Trapezoeder.)

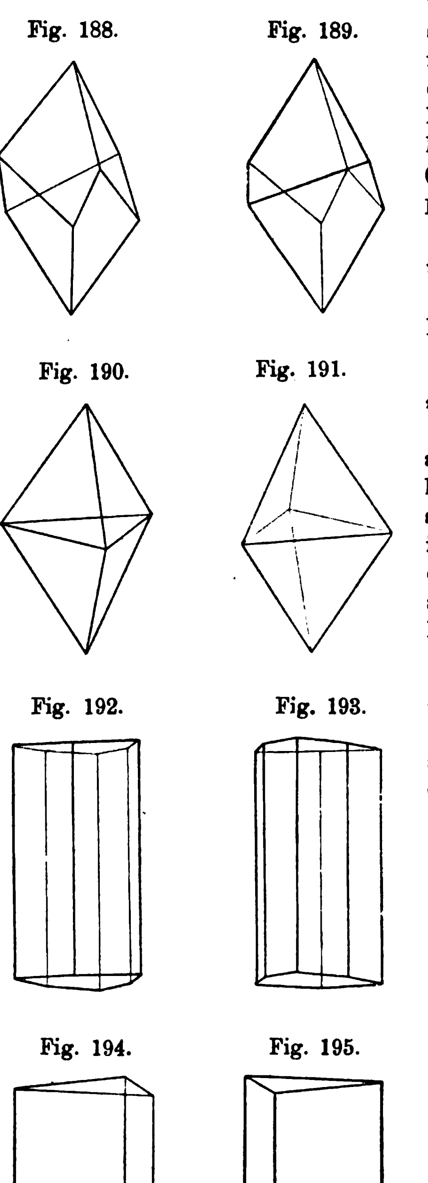


Fig. 188. Fig. 189. Fig. 190. Fig. 191. Fig. 192. Fig. 193. Fig. 194. Fig. 195.

2. *Rhomboeder *pos* $\{h0\bar{h}l\}$ und *neg* $\{0h\bar{h}l\}$.

Entsprechen den Rhomboedern der Hemiedrie, Flächen aber asymmetrisch.

3. *Trigonale Bipyramiden, *rechts* $\{h.h.\overline{2h}.l\}$ und *links* $\{2h.\bar{h}.\bar{h}.l\}$.

Die beiden correlaten Formen gehen aus der hexagonalen Bipyramide II Art hervor. 6 Flächen asymmetrisch (gleichschenklige Dreiecke). 6 Polkanten und 3 in einer Ebene liegende Mittelkanten, in deren Ecken und Mitten die Horizontalaxen münden. 2 Arten Winkel (Fig. 190, links u. 191, rechts).

4. *Ditrigonale Prismen, *rechts* $\{hk\bar{i}0\}$ und *links* $\{i\bar{k}\bar{h}0\}$.

Die beiden correlaten Formen gehen aus dem dihexagonalen Prisma hervor. 6 tautozonale asymmetrische Flächen; an den Verticalkanten 2 Arten Winkel, die abwechselnd gleich sind. Grenzform der trigonalen Trapezoeder (Fig. 192, links u. 193, rechts).

5. *Hexagonales Prisma I Art $\{10\bar{1}0\}$.

geometrisch übereinstimmend mit der holoedrischen Form, aber mit asymmetrischen Flächen.

6. *Trigonale Prismen II Art, *rechts* $\{11\bar{2}0\}$ und *links* $\{2\bar{1}\bar{1}0\}$.

Die beiden correlaten Formen gehen aus dem hexagonalen Prisma II Art hervor. 3 tautozonale asymmetrische Flächen, die unter Winkeln von 60° zusammenstossen (Fig. 194, links u. 195, rechts).

7. Basis $\{0001\}$.
stimmt mit der holoedrischen Form überein, die Flächen sind aber asymmetrisch.

Anm. Die trapezoedrische Tetartoedrie enthält demnach 2 Formen, Prisma I Art und Basis, die geometrisch von solchen der holoedrischen Abtheilung und 3 Formen, Rhomboeder, Prisma I Art und Basis, die von solchen der rhomboedrischen Hemiedrie nicht abweichen. Dagegen sind die Trapezoeder, trigonalen Bipyramiden, die ditrigonalen und die trigonalen Prismen besondere Formen dieser Tetartoedrie.

Combinationen. Die hierher gehörigen Combinationen werden am besten an den als Bergkrystall bezeichneten Quarzvarietäten studirt. Zwar haben die meisten Krystalle desselben einen holohexagonalen oder rhomboedrisch-hemiedrischen Habitus, sind aber als Combinationen tetartoedrischer Formen stets durch ihre Aetzfiguren zu erkennen. In vielen Fällen treten jedoch auch äusserlich als tetartoedrisch erkennbare Flächen auf, namentlich Trapezoeder und trigonale Bipyramiden (sogen. Trapez- und Rhombenflächen). Die Unterscheidung, ob rechte oder linke Formen, lässt man davon abhängen, wie ihre Flächen zu denen des positiven Hauptrhomboeders liegen: Flächen rechts vom Hauptrhomboeder gehören rechten Formen an, sonst linken Formen. Die Fig. 196 u. 197 stellen am Quarz die Combinationen: das Prisma I Art $r = \{10\bar{1}0\}$, das positive Hauptrhomboeder $p = \{10\bar{1}1\}$, das correlate negative Rhomboeder $z = \{01\bar{1}1\}$, die trigonale Bipyramide (Rhombenfläche) $s = \{2\bar{1}\bar{1}1\}$, Fig. 196 bezw. $s = \{11\bar{2}1\}$, Fig. 197 und das trigonale Trapezoeder (Trapezfläche) $x = \{6\bar{1}\bar{5}1\}$, bezw. $x = \{51\bar{6}1\}$ dar. In Fig. 196 liegen

Fig. 196.

Fig. 197.

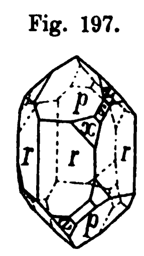


Fig. 198.

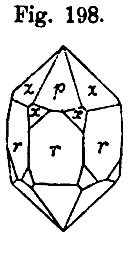
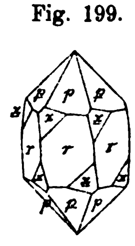


Fig. 199.



die Flächen s und x links von p; sie gehören daher linken Formen an und der Quarzkrystall wird entsprechend als Linksquarz bezeichnet. Fig. 197 stellt einen Rechtsquarz dar. Mit dieser Gruppirung rechter und linker Formen correspondirt das optische Verhalten; die Rechtsquarze drehen die Polarisationsebene des Lichts nach rechts, die Linksquarze nach links.

Zwillinge. Besonderes Interesse bieten die Ergänzungszwillinge. Es herrscht dabei das Streben vor, die Symmetrie der hemiedrischen Klassen zu erwerben. Durchdringungszwillinge eines rechten und linken Krystalls nach einer Fläche des trigonalen Prismas (Fig. 198) stellen die Symmetrie der rhomboedrischen Hemiedrie wieder her, während je

2 rechte oder je 2 linke Krystalle (Fig. 199), nach einer Fläche des Prismas I Art verwachsen, die Symmetrie der trapezoedrischen Hemiedrie erlangen. Verwächst endlich ein rechter Krystall mit einem linken nach dem Prisma I Art und zugleich nach der Basis, so haben die Zwillinge die Symmetrie der trigonalen Hemiedrie. Diese 3 Zwillingsgesetze finden sich am Quarz verwirklicht, auf dessen Beschreibung im speciellen Theil hier verwiesen sein mag.

Beispiele für die trapezoedrische Hemiedrie liefern unter den Mineralien nur Quarz und Zinnober.

XVI. Klasse. **Rhomboedrische Tetartoedrie.**

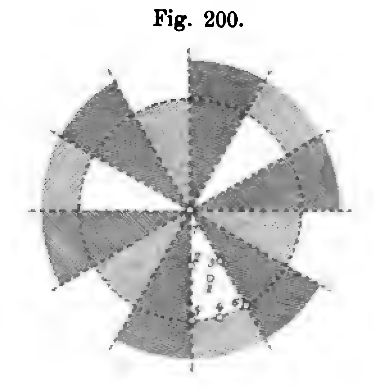
(Rhomboedrische Klasse.)

Kein S-E, 1 dreizählige S-A, vertical. S-C vorhanden.

Die Formen gehen aus der pyramidalen Hemiedrie durch Verlust der Basis als S-E hervor. Aus der Betrachtung der zugehörigen Symmetriefigur ergeben sich die nachstehenden 7 einfachen Formen dieser tetartoedrischen Klasse:

1. *Rhomboeder III Art $\{hk\bar{i}l\}$ und $\{i\overline{kh}l\}$, $\{\bar{k}i\bar{h}l\}$ und $\{kh\bar{i}l\}$.

Fig. 200.



Tetartoedrische Formen der dihexagonalen Bipyramide; unterscheiden sich von den Rhomboedern der Hemiedrie nur durch ihre Stellung zu den Horizontalaxen, die an wechselnder Stelle der auf- und absteigenden Mittelkanten münden, und durch die Asymmetrie der Flächen.

2. *Rhomboeder I Art $\{h0\bar{h}l\}$ und $\{0h\bar{h}l\}$.

Tetartoedrische Formen der hexagonalen Bipyramide I Art; von dem Rhomboeder der Hemiedrie nur durch Asymmetrie der Flächen unterschieden.

3. *Rhomboeder II Art $\{h.h.\overline{2h}.l\}$ und $\{2h.\overline{h.h}.l\}$.

Tetartoedrische Formen der hexagonalen Bipyramide II Art; von dem Rhomboeder der Hemiedrie durch Asymmetrie der Flächen und durch die Stellung zu den Horizontalaxen unterschieden.

4. *Hexagonale Prismen III Art $\{hk\bar{i}0\}$ und $\{kh\bar{i}0\}$.

Tetartoedrische Formen der dihexagonalen Prismen; unterscheiden sich nur durch die Asymmetrie ihrer Flächen und ihre Stellung zum Axenkreuz von dem Prisma I und II Art.

5. Hexagonales Prisma I Art $\{10\bar{1}0\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

6. Hexagonales Prisma II Art $\{11\bar{2}0\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

7. Basis $\{0001\}$.

Flächen asymmetrisch, sonst wie die holoedrische Form.

In der rhomboedrischen Tetartoedrie finden sich 4 Formen, die geometrisch von den entsprechenden der Holoedrie verschieden sind; die Rhomboeder II und III Art sind dieser Klasse ganz eigenthümliche Formen. — Die 3 Rhomboeder unter sich und ebenso die 3 Prismen weichen von einander nur durch ihre Stellung zu den Horizontalaxen ab und sind demgemäss nur in Combinationen unterscheidbar.

Die Combinationen bieten zu Bemerkungen kaum Anlass. Wenn nicht die Rhomboeder II oder III Art, bezw. das Prisma III Art vorhanden sind, so zeigen die Combinationen durchaus den Habitus der rhomboedrischen Hemiedrie. In Fig. 201, einen Dioptaskrystall darstellend, ist *m* ein Prisma II Art, *r* ein Rhomboeder I Art und *s* ein Rhomboeder III Art. An dem Titaneisenkrystall Fig. 202 sind *P* und *d* Rhomboeder I Art, *n* ein Rhomboeder II Art, *o* die Basis.

Fig. 201.

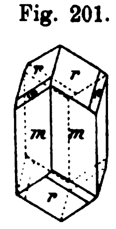
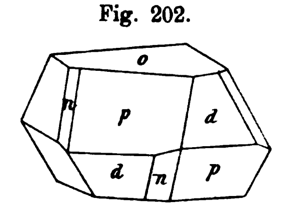


Fig. 202.



Zwillinge. Zu erwähnen sind nur die Ergänzungszwillinge. Durchkreuzungszwillinge nach der Basis erwerben die Symmetrie der pyramidalen Hemiedrie, während solche nach einer Fläche eines hexagonalen Prismas die Symmetrie der rhomboedrischen Hemiedrie erlangen.

Beispiele. Dolomit und die Mineralien der Phenakitgruppe (Phenakit, Willemit und Dioptas), ferner Titaneisen.

Ogdoedrische Klasse.

Die Formen der Klassen XII und XIV besitzen noch 3 gleichwerthige bezw. 1 singuläre S-E, können also von neuem hemiedrisch zerfallen und liefern somit Achtelflächner oder Ogdoeder. Jedoch ist das Resultat in beiden Fällen dasselbe, sodass nur eine einzige ogdoedrische Klasse zu unterscheiden ist.

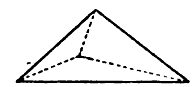
XVII. Klasse. **Hemimorphie der trigonalen Tetartoedrie.**

(Trigonal-pgramidale Klasse.)

Ohne S-E, 1 verticale dreizählige S-A, kein S-C. Die Formen sind enantimorph.

Da sich diese ogdoedrische Klasse als Hemimorphie aus der trigonalen Tetartoedrie Klasse XIV durch Wegfall der noch vorhandenen S-E herleiten

Fig. 203.



lässt, so wiederholen sich deren Formen mit dem Unterschied, dass alle Bipyramiden in selbstständige Pyramiden zerfallen und die Basis 2 Einzelflächen liefert.

Die 7 einfachen Formen dieser Hemimorphie bezw. Ogdoedrie ergeben sich daher unmittelbar aus den in jener Symmetrieklasse aufgeführten Formen. In Fig. 203 ist eine obere trigonale Pyramide, die aus einer der trigonalen Bipyramiden hervorgeht, dargestellt.

Beispiele aus dem Mineralreich sind nicht bekannt.

3. Tetragonales System.

(Quadratisches System.)

Das tetragonale System begreift alle Symmetrieklassen, deren Formen sich auf 3 rechtwinklige Axen beziehen lassen, von denen 2 gleich gross sind, während die dritte Axe davon verschieden, grösser oder kleiner ist.

Daraus folgt

1. für die Symmetriecharakteristik des Coordinatensystems bezw. der holoedrischen Klasse: 5 S-E, 5 S-A, 1 S-C und

2. für die geometrischen Constanten des Krystallsystems

$$a : a : c; \quad \alpha = 90^{\circ}, \quad \beta = 90^{\circ}, \quad \gamma = 90^{\circ}.$$

Die Axenelemente enthalten somit nur die eine Unbekannte $\frac{a}{c}$, sodass zur Bestimmung der Axenelemente eine einzige Winkelmessung genügt.

Die Axen werden so aufgestellt, dass die ungleiche Axe c vertical, die beiden gleichen horizontal stehen. Zur Unterscheidung nennt man wohl die auf den Beschauer gerichtete Axe $a_{,}$, die quer verlaufende $a_{,,}$.

Dem tetragonalen System gehören 7 Symmetrieklassen[1]) an, die sich aus der höchstsymmetrischen Klasse durch Hemiedrie und Wiederholung der Hemiedrie herleiten lassen. Aus der Holoedrie gehen durch gruppenweise Unterdrückung der Symmetrieebenen 4 hemiedrische, aus diesen 2 tetartoedrische Klassen hervor. Je 1 hemiedrische und 1 tetartoedrische Klasse tragen den Charakter der Hemimorphie.

Nach der Zähligkeit der vertical gestellten, singulären Symmetrieaxe zerfallen die 7 Symmetrieklassen des Systems analog dem hexagonalen

[1]) In consequenter Durchführung des Princips der hemiedrischen Ableitung lassen sich aus der holoedrischen Klasse des tetragonalen Systems geradeso 11 minder symmetrische Klassen herleiten wie im hexagonalen System. Von diesen besitzen aber 5 Klassen die Symmetrieelemente, welche für das rhombische und monokline System charakteristisch sind und wozu sie auf Grund des Eintheilungsprincips nach den Symmetrieelementen gerechnet werden müssen.

System in 2 Gruppen: in die Klassen XVIII, XIX, XXI, XXII und XXIII, bei denen diese Axe 4-zählig ist und in die Klassen XX und XXIV mit 2-zähliger S-A.

Zwischen den Symmetrieklassen wie den Formen des hexagonalen und des tetragonalen Systems herrschen weit gehende Analogien. Die Unterschiede der beiderseitigen Formen sind darauf zurückzuführen, dass durch das Axenkreuz in dem einen Fall der Raum in Dodekanten, im anderen Falle in Oktanten getheilt wird. Damit hängt auch die geringere Zahl von Symmetrieklassen im tetragonalen System zusammen: es ergeben sich wegen der Rechtwinkligkeit der Axen gewisse hemiedrische Klassen, die der Symmetrie des rhombischen bezw. monoklinen Systems entsprechen und daher abgetrennt werden müssen.

Holoedrische Klasse.

XVIII. Klasse. **Holoedrie.**

(Ditetragonal-bipyramidale Klasse.)

5 S-E, davon 1 horizontal und 4 unter 45° sich schneidende vertical. 5 S-A, davon 1 vierzählig vertical und 4 zweizählige horizontal. S-C vorhanden.

Die verticale vierzählige und 2 senkrecht auf einander stehende horizontale Symmetrieaxen der holoedrischen Abtheilung bilden das Axenkreuz dieser und aller übrigen Klassen des tetragonalen Systems.

Fig. 204.

Die 5 S-E der Holoedrie erzeugen in der zugehörigen Symmetriefigur 16 gleiche sphärische Dreiecke. Für eins der Dreiecke sind in Fig. 204 die 7 möglichen Flächenlagen durch Einzeichnung der Pole 1—7 angegeben. Wenn somit wiederum 7 einfache Formen unterschieden werden können, so ist doch zu bemerken, dass deren Zahl in Wirklichkeit nur 5 beträgt, da die den Polen 2 und 3 entsprechenden Bipyramiden und ebenso die den Polen 5 und 6 entsprechenden Prismen in Folge ihrer Lage zu vertauschbaren S-E nur durch ihre Stellung von einander abweichen. Die stellungsverschiedenen und vertauschbaren Formen werden wie im hexagonalen System als solche I und II Art gekennzeichnet.

Die Symmetriefigur lässt unmittelbar das Symbol und die Flächenzahl jeder einzelnen der 7 einfachen Formen ablesen; doch soll auch hier ebenso, wie es im hexagonalen System geschehen ist, die Herleitung der 7 einfachen Formen durch Specialisirung des allgemeinen Symbols $a : ma : nc$ bewirkt werden.

1. Jedem der durch die 5 S-E des Systems gebildeten 16 gleichwerthigen Dreiecke der Symmetriefigur gehört eine Fläche mit dem allgemeinen Zeichen $a : ma : nc$ an (Pol 1); die volle Form,

Ditetragonalen Bipyramiden $(a : ma : nc)$ $\{hkl\}$ haben demnach 16 Flächen (Fig. 205 u. 206).

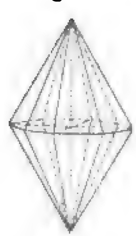


Fig. 205.

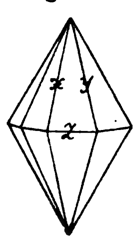


Fig. 206.

Von den 16 Flächen schneiden je 8 das obere und je 8 das untere Ende der Verticalaxe, die ganze Form erscheint demnach als Doppelpyramide. Die Begrenzungsflächen sind ungleichseitige Dreiecke und asymmetrisch. Die 24 Kanten sind dreierlei Art: 8 Mittelkanten z liegen in der horizontalen S-E; 8 Polkanten x wechseln mit 8 Polkanten y ab und liegen in den verticalen S-E. Ecken: 2 Polecken, sowie 4 spitzere und 4 stumpfere Mittelecken. Winkel ebenfalls dreierlei Art: nämlich solche an den Mittelkanten z, solche an den Polkanten x und solche an den Polkanten y.

Anm. Ditetragonale Bipyramiden, bei denen die Winkel x und y gleich sind, deren Querschnitt also ein regelmässiges Achtseit ist, können nicht vorkommen, da alsdann die Axenabschnitte irrational werden.

Durch Veränderung des Coefficienten von m und n gehen spitzere und stumpfere ditetragonale Bipyramiden hervor; nur in den nachstehenden Fällen resultiren besondere Formen.

2. Wird in den ditetragonalen Bipyramiden der Winkel an der Polkante $y = 180°$, gleichbedeutend mit $m = 1$, so fallen je 2 in der Kante y zusammenstossende Flächen zusammen. Es entstehen

Tetragonale Bipyramiden I Art $(a : a : nc)$ $\{hhl\}$, Fig. 207.

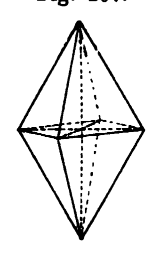


Fig. 207.

Doppelpyramide mit 8 Flächen, von denen 4 dem oberen, 4 dem unteren Pol angehören. Die Flächen bilden gleichschenklige Dreiecke und sind monosymmetrisch. Kanten, Ecken und Winkel sind zweierlei. Die Horizontalaxen münden in den Ecken.

3. Wird in den ditetragonalen Bipyramiden der Winkel an der Polkante $x = 180°$, gleichbedeutend mit $m = \infty$, so fallen je 2 in der Kante x zusammenstossende Flächen zusammen und es entstehen

Tetragonale Bipyramiden II Art $(a : \infty a : nc)$ $\{h0l\}$, Fig. 208.

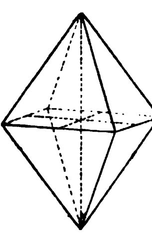


Fig. 208.

Die Form hat wiederum 8 Flächen und stimmt hinsichtlich ihrer Gestalt, der Zahl und Symmetrie der Flächen, Kanten, Ecken und Winkel völlig mit der Bipyramide I Art überein; sie unterscheidet sich nur durch ihre Orientirung zum Axenkreuz, in dem sie um 45° gedreht erscheint. Demzufolge münden die Horizontalaxen in den Mitten der horizontalen Kanten.

Für alle übrigen zwischen 1 und ∞ liegenden Werthe von m bleibt die allgemeine Gestalt der di-



tetragonalen Bipyramiden erhalten, sodass die Bipyramiden I und II Art als deren Grenzformen zu betrachten sind. Dadurch, dass in den 3 Bipyramiden der Coefficient $n = \infty$ wird, gehen aus diesen in anderer Richtung Grenzformen hervor, nämlich 3 Prismen.

4. Aus den ditetragonalen Bipyramiden resultiren als Grenzform für $n = \infty$

Ditetragonale Prismen $(a : ma : \infty c)$ $\{hk0\}$, Fig. 209.

8 der Verticalaxe parallele Flächen von monosymmetrischer Symmetrie; zweierlei Winkel.

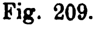
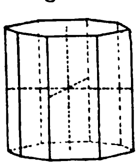


Fig. 209.

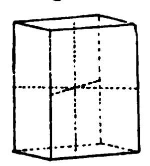


5. Aus den tetragonalen Bipyramiden I Art resultirt als Grenzform für $n = \infty$ das

Tetragonale Prisma I Art $(a : a : \infty c)$ $\{110\}$, Fig. 210.

4 der Verticalaxe parallele Flächen von disymmetrischer Symmetrie; nur 1 Art Winkel von 90°; die Axen münden in den Mitten der Kanten.

Fig. 210.

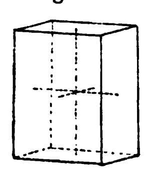


6. Aus den tetragonalen Bipyramiden II Art resultirt als Grenzform für $n = \infty$ das

Tetragonale Prisma II Art $(a : \infty a : \infty c)$ $\{100\}$, Fig. 211.

Form die gleiche wie das Prisma I Art, nur um 45° gegen das Axenkreuz gedreht, sodass die Axen in den Mitten der Flächen, die ebenfalls disymmetrisch sind, münden.

Fig. 211.



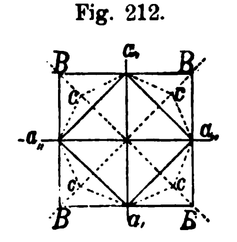
7. Endlich geht für $n = 0$ aus allen 3 Bipyramiden die gleiche Grenzform, die

Tetragonale Basis $(\infty a : \infty a : c)$ $\{001\}$ hervor.

Nur 2 parallele Flächen von tetrasymmetrischer Symmetrie, die der horizontalen S-E parallel laufen. Siehe die oberen und unteren Begrenzungsflächen in den Fig. 209—211.

Die 7 einfachen Formen der Holoedrie bestehen demnach aus 3 Bipyramiden, aus denen als Grenzformen einerseits 3 Prismen, andererseits für alle die gleiche Basis hervorgehen. Die Flächen der Basis und der beiden Prismen I und II Art entsprechen den 5 S-E.

Fig. 212.



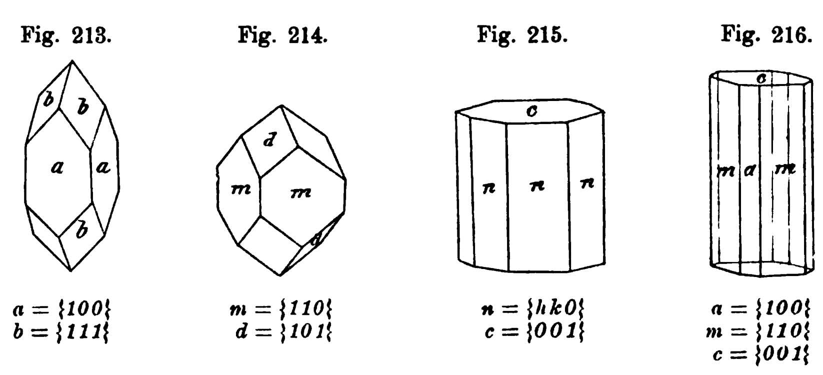
Anm. Die Formen I und II Art lassen sich, wenn sie einzeln auftreten, nicht unterscheiden; nur in Combination oder mit Rücksicht auf das festgelegte Axenkreuz wird das möglich. In Fig. 212 ist die Orientirung der Formen I Art zu denen II Art (BB) und den ditetragonalen Formen (CC), wie zu den Horizontalebenen ($a, a_{,,}$) zur Anschauung gebracht.

Naumann's Bezeichnung. Die Bezeichnung erfolgt nach der auf S. 19 gegebenen Regel. Die sogen. Grundform, die tetragonale Bipyramide I Art $(a : a : c)$ erhält das Zeichen P. Für alle übrigen, durch m oder n modificirten Formen gilt die

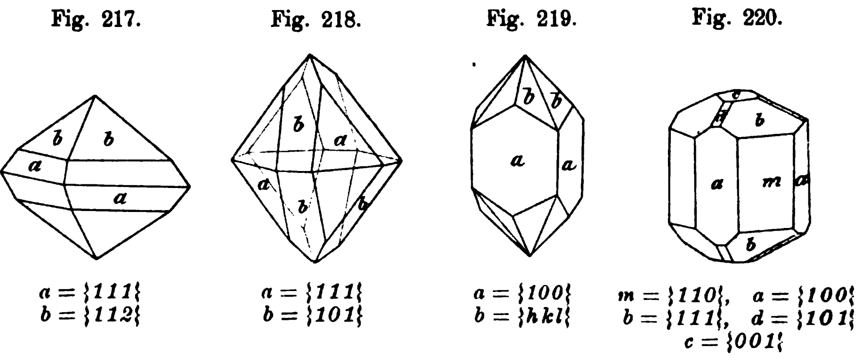
Vorschrift, dass der Coefficient der Verticalaxe stets vor P, derjenige der Horizontalaxe, sofern er nicht 1 ist und als solcher nicht geschrieben wird, hinter P steht. Demnach sind die Zeichen für die 7 einfachen Formen der Reihe nach:

$$n P m, \quad n P, \quad n P\infty, \quad \infty P m, \quad \infty P, \quad \infty P\infty, \quad o P.$$

Combinationen (Fig. 213—220). Die Deutung der holoedrischen Combinationen ist sehr einfach. Nachdem man sich beliebig über die Art einer der auftretenden tetragonalen Bipyramiden oder Prismen entschieden hat, gehören alle in der Zone der Mittelkanten irgend einer Bi-



pyramide I Art gelegenen Flächen den Formen I Art, die in der Zone der Mittelkanten der Bipyramiden II Art liegenden Flächen den Formen II Art an. Diejenigen Formen, die weder in die eine noch in die andere Zone fallen, sind solche der ditetragonalen Bipyramiden oder Prismen.



Wie ersichtlich, liegen die Formen II Art über den Kanten der Formen I Art und umgekehrt, während die ditetragonalen Formen in beiden Fällen den Kanten schief aufsitzen. — So gehören also Flächen, die die Kanten einer Form abstumpfen, einer anderen Ordnung an als diese. Die gerade Abstumpfung der Kanten des Prismas I Art erfolgt durch das Prisma II Art (Fig. 216) und umgekehrt; eine Bipyramide I Art $\{hhl\}$ wird durch die Bipyramide II Art $\{h0l\}$ gerade abgestumpft (Fig. 218) und umgekehrt. — Da die 3 Prismen und die Basis für sich

den Raum nicht abschliessen, so kann keine dieser 4 Formen allein, sondern muss stets in Combination mit anderen auftreten.

Zwillinge. Mit Ausnahme der beiden tetragonalen Prismen und der Basis, deren Flächen ja S-E sind, können die Flächen aller übrigen Formen zu Zwillingsebenen werden. Gewöhnlich sind die Krystalle so aufgestellt, dass eine Fläche der Bipyramide II Art {*101*} die Zwillingsebene abgiebt. Einen solchen Zwilling des Zinnsteins (sogen. Visirgraupen) stellt Fig. 221 dar. Zuweilen wiederholt sich das Gesetz derart, dass an jeder der 4 Polkanten der Bipyramide I Art ein Individuum sich in Zwillingsstellung anlegt. Fig. 222 stellt einen solchen Fünfling des Hausmannits dar. Merkwürdige Zwillingswiederholungen finden sich beim Rutil; vergl. deshalb den speciellen Theil.

Fig. 221.

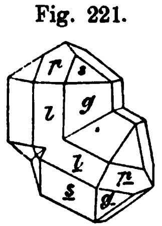
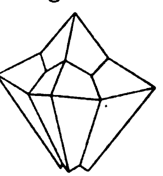


Fig. 222.



Beispiele sind zahlreich: die Mineralien der Rutilgruppe (Rutil, Zirkon, Zinnstein), Anatas, Vesuvian etc.

Hemiedrische Klassen.

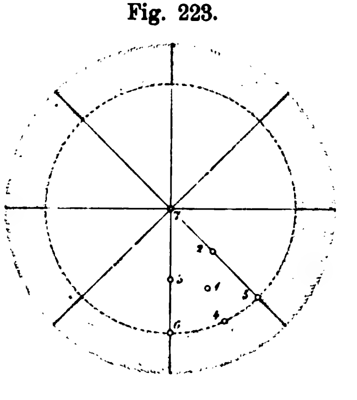
Die holoedrischen Formen können in vierfacher Weise eine Verminderung ihrer S-E erfahren, liefern also 4 hemiedrische Symmetrieklassen, eine dieser Klassen entspricht einer Hemimorphie.

XIX. Klasse. Hemimorphie der Holoedrie.
(Ditetragonal-pyramidale Klasse.)

2 + 2 verticale S-E, die sich unter 45° in der Verticalaxe schneiden. 1 vierzählige verticale S-A. Kein S-C.

Es wiederholen sich hier die Formen der Holoedrie mit dem Unterschied, dass die 3 Bipyramiden und die Basis in je 2 correlate, oben und unten gelegene Pyramiden resp. Basisflächen zerfallen, während die Prismen geometrisch unverändert bleiben. Die Flächen der beiden ditetragonalen Formen sind asymmetrisch, die 4 tetragonalen Formen monosymmetrisch und die Basisflächen sind tetrasymmetrisch.

Fig. 223.



Beispiele kennt man nur von einigen künstlichen Substanzen.

XX. Klasse. **Sphenoidische Hemiedrie.**

(Tetragonal-skalenoedrische Klasse.)

2 verticale S-E, die sich unter 90° schneiden. 3 zweizählige S-A, davon 1 vertical und 2 horizontal. Kein S-C.

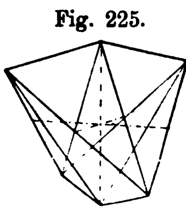
Die Formen der sphenoidischen Hemiedrie gehen aus den holoedrischen hervor, sobald diese die horizontale und 2 der verticalen S-E verlieren. Aus der dieser verminderten Symmetrie entsprechenden Symmetriefigur folgt, dass von den 7 möglichen Flächenlagen nur die Pole 1 und 2 von den holoedrischen Formen abweichend gestaltete Hemieder ergeben, während die sonstigen Formen geometrisch gleich sind und sich nur durch die verminderte krystallographische Symmetrie unterscheiden. Zu dem gleichen Resultat gelangt man, wenn man die holoedrischen Formen einzeln auf ihre hemiedrische Zerfällung untersucht. Mit Ausnahme der ditetragonalen und der tetragonalen Bipyramide I Art stehen die Flächen aller übrigen Formen auf den verschwindenden S-E senkrecht; bleiben also geometrisch unverändert.

Fig. 224.

Die 7 einfachen Formen der sphenoidischen Hemiedrie sind demnach

*Tetragonale Skalenoeder $\{hkl\}$ und $\{h\bar{k}l\}$, Fig. 225 u. 226.

Die beiden correlaten, um 90° gegen einander verschobenen Formen gehen aus der ditetragonalen Bipyramide hervor und sind geneigtflächig; sie werden von 8 ungleichseitigen (asymmetrischen) Dreiecken begrenzt und ihre 4 Mittelkanten, in deren Mitten die Horizontalaxen münden, steigen im Zickzack auf und ab. Dreierlei Kanten und Winkel.



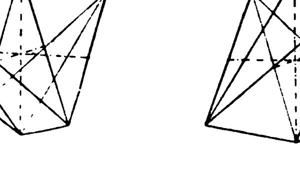


Fig. 225. Fig. 226.

*Tetragonale Bisphenoide $\{hhl\}$ und $\{h\bar{h}l\}$, Fig. 227 u. 228.

Die beiden correlaten Formen gehen aus der tetragonalen Bipyramide I Art hervor, sind geneigtflächig und ihre 4, gleichschenklige Dreiecke bildenden Flächen sind monosymme-

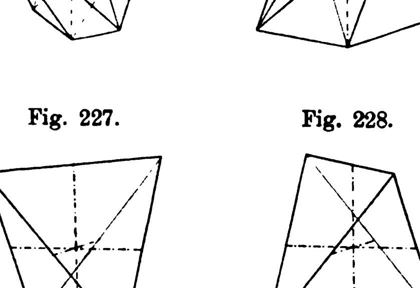
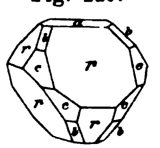


Fig. 227. Fig. 228.

trisch. 4 auf- und absteigende Mittel- und 2 Polkanten. In den Mitten der Kanten münden die Axen. Zweierlei Winkel. Die Formen ähneln den Tetraedern des regulären Systems.

Von den übrigen 5, den entsprechenden Holoedern äusserlich gleichen Formen ist die Flächensymmetrie

der tetragonalen Bipyramiden II Art $\{h0l\}$ asymmetrisch,
der ditetragonalen Prismen $\{hk0\}$ asymmetrisch,
des tetragonalen Prisma I Art $\{110\}$ monosymmetrisch,
des tetragonalen Prisma II Art $\{100\}$ asymmetrisch,
der Basis $\{001\}$ disymmetrisch


Fig. 229.

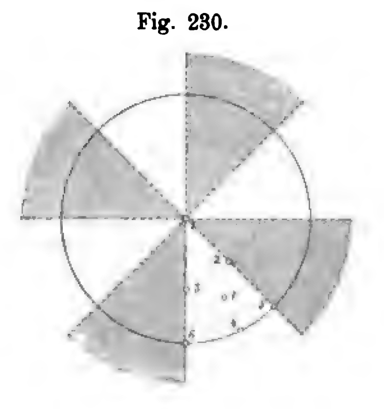
Die sphenoidische Hemiedrie ist sehr selten; unter den Mineralien findet sie sich nur am Kupferkies, von welchem Fig. 229 die Combination $p = \{111\}$, $r = \{1\bar{1}1\}$, $b = \{101\}$, $c = \{201\}$, $a = \{001\}$ zeigt.

XXI. Klasse. **Pyramidale Hemiedrie.**

(Tetragonal-bipyramidale Klasse.)

1 horizontale S-E, 1 verticale vierzählige S-A. S-C vorhanden.

Die Formen der pyramidalen Hemiedrie gehen aus den holoedrischen hervor, sofern diese ihre 4 verticalen S-E verlieren. Aus der zugehörigen Symmetriefigur folgt, dass dabei nur die Pole 1 und 4 neue Formen ergeben können, d. h. unter den holoedrischen Formen zerfallen nur die ditetragonale Bipyramide und das ditetragonale Prisma in besonders gestaltete Hemieder. Wenn demnach die übrigen 5 Holoeder geometrisch unverändert bleiben, so ist doch ihre verminderte krystallographische Symmetrie an der durch Aetzfiguren jederzeit nachzuweisenden erniedrigten Flächensymmetrie erkennbar. Die beiden besonderen Formen sind:

Fig. 230.


*Tetragonale Bipyramiden III Art $\{hkl\}$ und $\{khl\}$,
hervorgegangen aus der ditetragonalen Bipyramide, mit 8 asymmetrischen Flächen, und

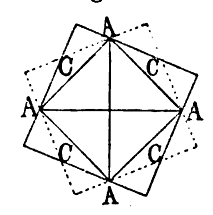
*Tetragonale Prismen III Art $\{hk0\}$ und $\{kh0\}$,
hervorgegangen aus dem ditetragonalen Prisma, mit 4 monosymmetrischen Flächen.

Die übrigen 5 in ihrem Aeusseren unverändert gebliebenen Formen sind demnach:

tetragonale Bipyramiden I Art $\{hhl\}$. Flächen asymmetrisch,
tetragonale Bipyramiden II Art $\{h0l\}$. Flächen asymmetrisch,
das tetragonale Prisma I Art $\{110\}$. Flächen monosymmetrisch,
das tetragonale Prisma II Art $\{100\}$. Flächen monosymmetrisch,
die Basis $\{001\}$. Flächen asymmetrisch.

Die beiden besonderen Formen III Art unterscheiden sich von den entsprechenden Formen I und II Art nur durch ihre Stellung zu den Horizontalaxen; die Axen münden in deren Mittelkanten an wechselnder Stelle, nur nicht in den Ecken wie bei den Formen I Art oder in der Mitte wie bei den Formen II Art. Da aber die Lage der Axen nicht vorgezeichnet ist, so lassen sich einzeln auftretende Bipyramiden und Prismen nach ihrer Art nicht unterscheiden, wie denn überhaupt diese Hemiedrie geometrisch nur in Combinationen erkannt werden kann.

Fig. 231.



In dem Querschnitt Fig. 231 ist die relative Lage der Formen III Art zu denen I Art zum Ausdruck gebracht.

Bezüglich der Combinationen gilt, dass bei der gleichen Symmetrie der Bipyramidenflächen unter sich und ebenso der Prismenflächen es ganz ins Belieben gestellt ist, was man als Form I, II oder III Art bezeichnen will. Man wählt eine beliebige, durch Vorherrschen oder Spaltbarkeit ausgezeichnete Form als solche I Art aus und hat damit das Axenkreuz und die Art der übrigen auftretenden Formen festgelegt.

Fig. 232.

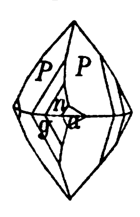


Fig. 232 giebt eine am Scheelit nicht seltene Combination. $n = \{111\}$, $P = \{101\}$, a und g sind 2 Bipyramiden III Art: $\{131\}$ und $\{313\}$.

Von Zwillingsbildungen haben Interesse die Ergänzungszwillinge. Durch Zwillingsverwachsung nach den Flächen $\{110\}$ und $\{100\}$ mit gegenseitiger Durchdringung der beiden Individuen wird die Symmetrie der holoedrischen Abtheilung wieder erworben.

Beispiele liefern die Mineralien der Scheelitgruppe (Scheelit und Scheelbleierz) und der Skapolithgruppe.

XXII. Klasse. **Trapezoedrische Hemiedrie.**

(Tetragonal-trapezoedrische Klasse.)

Keine S-E. 5 S-A, davon 1 vierzählige S-A vertical und 4 zweizählige S-A horizontal. Kein S-C. Die Formen sind enantiomorph.

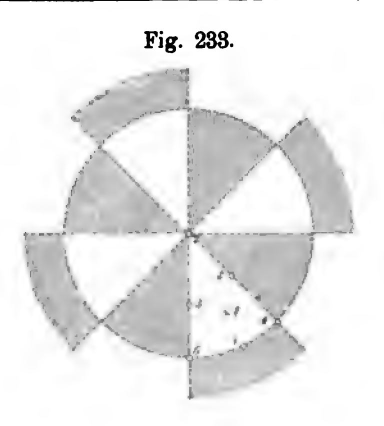
Durch Verlust sämmtlicher S-E, womit auch das S-C verschwindet, geben die hierhergehörigen Formen aus der holoedrischen Abtheilung

hervor. Die Symmetriefigur lässt erkennen, dass von den 7 einfachen Formen dieser Klasse nur die aus der Zerfällung der ditetragonalen Bipyramiden resultirenden Formen, die

*Tetragonalen Trapezoeder $\{hkl\}$ und $\{khl\}$, Fig. 234 u. 235,

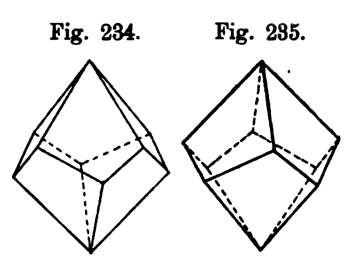
besondere Formen dieser Hemiedrie darstellen.

Fig. 233.



Die übrigen Formen unterscheiden sich von den Holoedern nur durch ihre verminderte Flächensymmetrie, die an den Aetzfiguren erkennbar wird. Alle Formen dieser Hemiedrie entbehren auf ihren Flächen der Symmetrielinien, die Flächen sind also ausnahmslos asymmetrisch.

Fig. 234. Fig. 235.



Beispiele sind unter den Mineralien nicht bekannt, nur die Krystalle einiger künstlicher Salze wie Nickelsulfat und Strychninsulfat gehören dieser Symmetrieklasse an.

Tetartoedrische Klassen.

Mit Ausnahme der trapezoedrischen Hemiedrie besitzen die übrigen 3 hemiedrischen Klassen noch Symmetrieebenen, können also noch einer weiteren Hemiedrie unterliegen. Dabei gehen aber nur 2 tetartoedrische Klassen hervor, da die nochmalige hemiedrische Zerfällung der sphenoidischen und pyramidalen Hemiedrie zu den gleichen Formen führt. Eine der beiden tetartoedrischen Klassen ist hemimorph.

XXIII. Klasse. **Hemimorphie der pyramidalen Hemiedrie.**

(Tetragonal-pyramidale Klasse, hemimorphe Tetartoedrie.)

Keine S-E; 1 verticale vierzählige S-A. Kein S-C. Die Formen sind enantiomorph.

Die Formen leiten sich mit gleichem Resultat entweder aus der pyramidalen Hemiedrie (Kl. XXI.) her, die ja durch eine singuläre S-A ausgezeichnet ist oder aus Klasse XIX. durch Verlust der hier vorhandenen S-E. Mit Rücksicht auf die Herleitung aus der pyramidalen Hemiedrie, d. h. ein Zerfallen in eine obere und eine untere Krystallhälfte, ergeben sich sofort alle Formen in der Weise, dass deren Bipyramiden

Fig. 236.

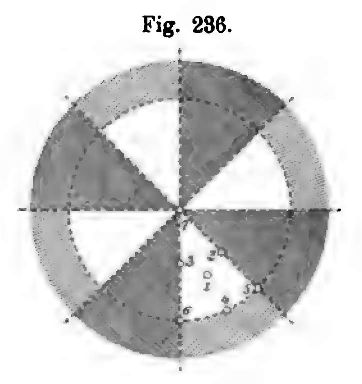


Fig. 237.

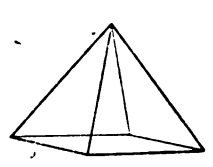
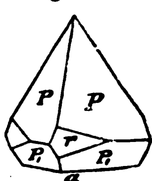


Fig. 238.



III, I und II Art und die Basis in je 2 correlate, oben und unten gelegene Pyramiden resp. Basisflächen zerfallen, während die Prismen geometrisch unverändert bleiben. Die Flächen aller Formen sind asymmetrisch. Fig. 237 stellt die Combination einer oberen Pyramide (je nach der Stellung I, II oder III Art) mit der unteren Basis dar, Fig. 238 die Combination $P = \{111\}$, $P' = \{11\bar{1}\}$, $r = \{120\}$, $a = \{00\bar{1}\}$.

Beispiele sind unter den Mineralien nur an dem Wulfenit (Fig. 238) bekannt geworden.

XXIV. Klasse. **Sphenoidische Tetartoedrie.**
(Tetragonal-bisphenoidische Klasse.)

Keine S-E; 1 zweizählige verticale S-A. Kein S-C. Die Formen sind enantiomorph.

Die hierhergehörigen Formen lassen sich sowohl aus der pyramidalen wie der sphenoidischen Hemiedrie ableiten durch die Unterdrückung der diesen Klassen verbliebenen S-E. Wie aus der Symmetriefigur erkannt werden kann, resultiren dabei die nachstehenden 7 einfachen Formen.

Fig. 239.

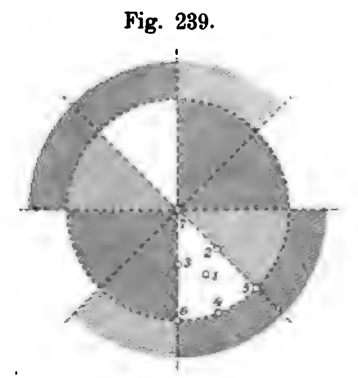
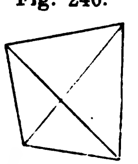


Fig. 240.



*Tetragonale Bisphenoide III Art $\{hkl\}$, Fig. 240 u. $\{khl\}$; $\{h\bar{k}l\}$ u. $\{k\bar{h}l\}$.

*Tetragonale Bisphenoide I Art $\{hhl\}$ und $\{h\bar{h}l\}$,

*Tetragonale Bisphenoide II Art $\{h0l\}$ und $\{0hl\}$,

*Tetragonale Prismen III Art $\{hk0\}$ u. $\{kh0\}$; $\{h\bar{k}0\}$ u. $\{k\bar{h}0\}$.

Tetragonales Prisma I Art $\{110\}$,

Tetragonales Prisma II Art $\{100\}$,

Basis $\{001\}$.

Es sind demnach hier Bisphenoide und Prismen dreifacher Art zu unterscheiden, die jedoch nur durch ihre Stellung von einander ab-

weichen. Die Bisphenoide II und III Art sind dieser Symmetrieklasse eigenthümliche Formen, während die übrigen Formen wenigstens geometrisch auch anderen Klassen des Systems angehören.

Die Flächen aller Formen sind asymmetrisch.

Beispiele sind nicht bekannt.

4. Rhombisches System.

Hierher gehören diejenigen Symmetrieklassen, deren Formen sich auf 3 rechtwinklige, unter sich ungleiche Axen beziehen lassen.

Daraus folgt:

1. für die Symmetrie des Coordinatensystems bezw. der holoedrischen Klasse die Charakteristik 3 S-E, 3 S-A, 1 S-C und

2. für die Axenelemente:

$$a : b : c; \quad \alpha = \beta = \gamma = 90^{\circ}.$$

Somit werden zur Bestimmung der beiden Constanten $\frac{a}{b}$ und $\frac{c}{b}$ 2 von einander unabhängige Winkelmessungen erforderlich. Dementsprechend wird auch das Axenverhältniss gewöhnlich in der Form $\frac{a}{b} : 1 : \frac{c}{b}$ geschrieben.

Die Aufstellung der rhombischen Krystalle, d. h. die Wahl irgend einer der Axen zur a-, b- oder c-Axe ist, da es keine ausgezeichnete Axe giebt, beliebig, doch pflegt man mit wenigen Ausnahmen (rhombische Augite) so aufzustellen, das die Grundpyramide $a : b : c$ und entsprechend das Verticalprisma $a : b : \infty c$ ihre stumpfen Winkel nach vorn wenden. Dadurch wird $a < b$, und es versteht sich die früher gebräuchliche Naumann'sche Nomenclatur, wonach die Längsaxe a als Brachyaxe oder Brachydiagonale, die Queraxe b als Makroaxe oder Makrodiagonale bezeichnet wird. Die c-Axe heisst wie immer Verticalaxe.

Da die Wahl der Axen keiner allgemein gültigen Beschränkung mehr unterliegt, so sind die Krystalle mancher rhombischen Mineralien, z. B. Schwerspath, von verschiedenen Autoren verschieden aufgestellt.

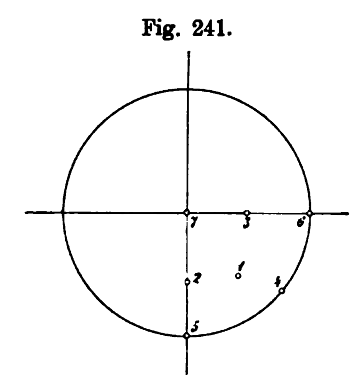
Im rhombischen System sind 3 Symmetrieklassen: eine holoedrische und zwei hemiedrische Klassen möglich, von welch' letzteren eine den Charakter der Hemimorphie trägt.

XXV. Klasse. **Holoedrie.**
(Rhombisch-bipyramidale Klasse.)

3 nicht vertauschbare senkrechte S-E, deren Durchschnitte 3 zweizählige S-A liefern; ausserdem S-C.

Einfache Formen. Durch die 3 S-E wird die Kugeloberfläche in 8 gleiche sphärische Dreiecke zerlegt. Mit Rücksicht auf die Coordi-

Fig. 241.



natenaxen sind 7 Flächenlagen, entsprechend den Polen 1—7 in der Symmetriefigur 241 möglich. Damit correspondiren 7 einfache Formen, die in Wirklichkeit jedoch nur 3 nach ihrer Orientirung verschiedene Arten darstellen.

Die einfachen Formen sind:

1. **Rhombische Bipyramiden** $a : mb : nc$; $\{hkl\}$, Fig. 242.

Die 8 begrenzenden Dreiecksflächen sind ungleichseitig (asymmetrisch); die 12 Kanten bilden 4 + 4 Pol- und 4 Mittelkanten. 6 zwei + zweizählige Ecken von dreierlei Art. 3 Winkel. Verschiedene, aber endliche Werthe für h, k oder l liefern spitzere oder stumpfere Bipyramiden.

Fig. 242.



$h = k = l = 1$ liefert die Grundpyramide.

Rhombische Bipyramiden, die 2 Indices gemeinsam haben, besitzen tautozonale Flächen.

Wird in dem Symbol der rhombischen Bipyramiden $\{hkl\}$ einer der 3 Indices gleich 0, so gehen aus derselben rhombische Prismen hervor, die nach ihrer Orientirung zum Axenkreuz unterschieden und entsprechend benannt werden können, als:

2. **Längsprismen** (Prismen I Art), $\infty a : b : nc$; $\{0kl\}$;
3. **Querprismen** (Prismen II Art), $a : \infty b : nc$; $\{h0l\}$;
4. **Verticalprismen** (Prismen III Art), $ma : nb : \infty c$; $\{hk0\}$.

Jedes der 3 Prismen besteht aus 4 monosymmetrischen Flächen, die einer der 3 Axen parallel sind. Es sind somit offene Formen, die nur in Combinationen auftreten können.

So stellt Fig. 243 die Combination eines Längsprismas mit dem Querpinakoid, Fig. 244 Querprisma mit dem Längspinakoid, Fig. 245 Verticalprisma mit der Basis dar.

Durch Abänderung der Indices der Prismen ist eine grosse Mannigfaltigkeit der Formen möglich. Aus jeder rhombischen Bipyramide lassen

Fig. 243.

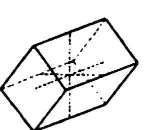


Fig. 244.

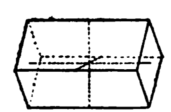
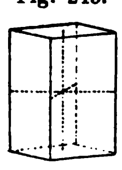


Fig. 245.



sich daher nicht nur 3 Prismen, sondern 3 Reihen von Prismen herleiten, die unter sich tautozonal sind.

Werden in dem Symbol der rhombischen Bipyramide $\{hkl\}$ gleichzeitig 2 Indices gleich 0, so gehen rhombische Pinakoide hervor, die wiederum nach ihrer Orientirung zum Axenkreuz in dreifacher Weise unterschieden werden können:

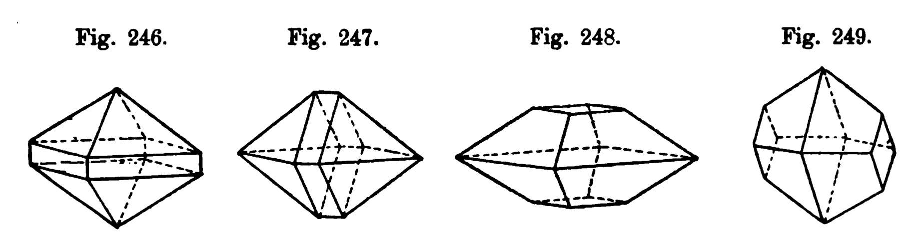
5. Querpinakoid (Erstes Pinakoid, Querfläche), $a : \infty b : \infty c$; $\{100\}$;
6. Längspinakoid (Zweites Pinakoid, Längsfläche), $\infty a : b : \infty c$; $\{010\}$;
7. Endpinakoid (Drittes Pinakoid, Basis), $\infty a : \infty b : c$; $\{001\}$.

Jedes der 3 Pinakoide besteht aus 2 disymmetrischen, einander parallelen Flächen, die je 2 Axen oder, was dasselbe ist, je einer Symmetrieebene parallel sind. Es sind somit offene Formen, die nur in Combinationen auftreten können. Vergl. die Fig. 243—245, wo die 3 Pinakoide in Combination mit 3 Prismen dargestellt sind.

NAUMANN's Bezeichnung. Zur Herleitung des NAUMANN'schen Symbols gilt das auf S. 19 u. 20 Gesagte: der Coefficient von c wird stets vor P gestellt, während der Coefficient von a oder b hinter P gesetzt wird, nachdem zuvor — falls es nöthig — eine dieser Ableitungszahlen durch Division auf die Form 1 gebracht ist. Soll der hinter P stehende Factor sich auf die a-(Brachy-)Axe beziehen, so wird dem P noch das Zeichen $\smile$ hinzugefügt; soll er sich auf die b-(Makro-)Axe beziehen, so erhält P das Zeichen —, z. B. $\{632\} = a : 2b : 3c = {}_3\bar{P}_2$ und $3a : 4b : 5c = \frac{5}{4}\breve{P}\frac{3}{4}$. Für $\infty a : \infty b : c$ steht oP.

Anstatt des von MOHS herrührenden und von NAUMANN acceptirten Verfahrens, die Zeichen — oder $\smile$ über P zu stellen, ist es seit BREITHAUPT auch im Gebrauch, diese Zeichen über die Ableitungszahlen selbst zu setzen, also die obenstehenden Symbole ${}_3P\bar{2}$ und $\frac{5}{4}P\frac{\breve{3}}{4}$ zu schreiben, weil dasselbe für den Druck bequemer ist.

Combinationen. — Die Deutung derselben ist in allen Fällen sehr einfach. — Die Verticalprismen stumpfen die Mittelkanten (Fig. 246), die Querprismen die vorderen (stumpferen, Fig. 247), die Längsprismen die seitlichen (schärferen) Polkanten jeder rhombischen Bipyramide ab.


Fig. 246. Fig. 247. Fig. 248. Fig. 249.

Die 3 Pinakoide erscheinen als Abstumpfung der Ecken jeder Bipyramide, z. B. die Basis als Abstumpfung der Polecken (Fig. 248), das Längspinakoid als Abstumpfung der seitlichen Ecken (Fig. 249). — Die Com-

bination der 3 Pinakoide besitzt rechte Winkel, ist geometrisch nicht vom regulären Würfel oder von der tetragonalen Combination {110}, {001} bezw. {100}, {001} zu unterscheiden.

Einige rhombische Combinationen sind in den Fig. 250—252 wiedergegeben.

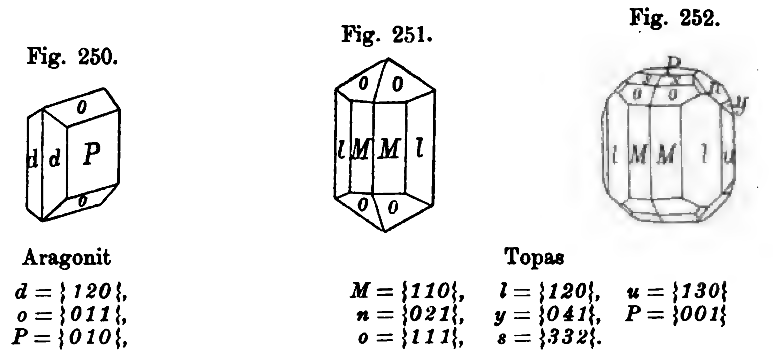


Fig. 250. Fig. 251. Fig. 252.

Aragonit

$d = \{120\}$,
$o = \{011\}$,
$P = \{010\}$,

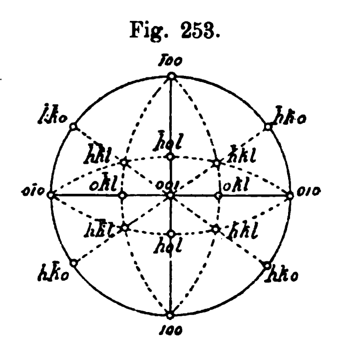
Topas

$M = \{110\}$, $l = \{120\}$, $u = \{130\}$
$n = \{021\}$, $y = \{041\}$, $P = \{001\}$
$o = \{111\}$, $s = \{332\}$.

In der Projection Fig. 253 sind die 7 rhombischen Formen mit ihren Flächen und in ihrem Zonenzusammenhang zur Darstellung gebracht.

Zwillinge. Zwillingsbildung ist an den holoedrischen Formen des rhombischen Systems recht häufig, namentlich Zwillinge nach einer Prismenfläche, die dann bei der Aufstellung der Krystalle gern zum Verticalprisma {110} gewählt wird (Fig. 254). Zwillinge nach einer Pyramidenfläche sind viel seltener (Fig. 255). Pinakoidflächen können als Symmetrieebenen nicht zu Zwillingsflächen werden.

Fig. 253.



Da viele rhombische Krystalle Prismenwinkel von nahe 120° resp. 60° besitzen, so können cyclische Drillinge nach solchen Prismenflächen hexagonalen Habitus annehmen. Die Art der Verwachsung und Durchkreuzung derartiger cyclischer Drillinge, die sich übrigens recht oft finden, kann sehr mannigfach sein, z. B. wie in den Fig. 256 u. 257. (Vergl. auch Aragonit, ferner Witherit und Chrysoberyll im speciellen Theil.)

Fig. 254.

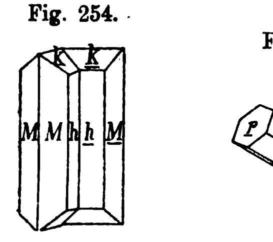


Fig. 255.

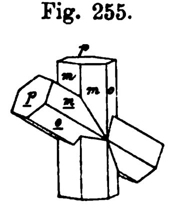


Fig. 256.

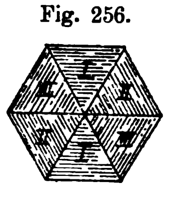
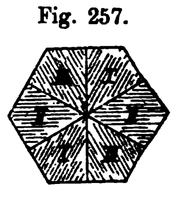


Fig. 257.



Charakteristische Beispiele des rhombischen Systems gewähren die Mineralien der Aragonit- und der Barytgruppe, der Schwefel und viele andere Mineralien.

XXVI. Klasse. **Hemimorphie.**

(Rhombisch-pyramidale Klasse.)

2 verticale S-E, die senkrecht auf einander stehen. 1 zweizählige (vertical gestellte) **S-A. Kein S-C.**

Da die S-A der holoedrischen Formen nicht vertauschbar und senkrecht zu ihnen S-E vorhanden sind, so ist auch eine Hemiedrie mit dem Charakter der Hemimorphie möglich. Die Hemimorphie kann nach jeder der 3 S-A eintreten, die man alsdann zur Verticalaxe wählt. Es bleiben dabei die Verticalprismen, das Längs- und das Querpinakoid geometrisch unverändert, während die Bipyramiden, die Längs- und Querprismen, sowie die Basis in obere und untere Halbflächner zerfallen. Die aus den Längs- und Querprismen hervorgehenden Formen werden als obere und untere Längs- bezw. Querdomen bezeichnet.

Die Fig. 258 stellt eine Combination des Kieselzinkerzes dar: Querfläche $a = \{100\}$, Längsfläche $b = \{010\}$; obere Querdomen $p = \{301\}$ und $o = \{101\}$; obere Längsdomen $m = \{031\}$ und $r = \{011\}$; obere Basis $c = \{001\}$; untere Pyramide $s = \{12\bar{1}\}$. In Fig. 259 (Struvit)

Fig. 258.

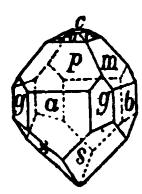


Fig. 259.

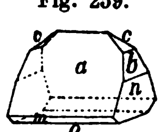
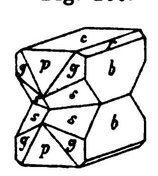


Fig. 260.



treten neben $n = \{010\}$ die oberen Formen $a = \{101\}$, $b = \{041\}$, $c = \{011\}$ und die unteren Formen $m = \{10\bar{3}\}$ und $o = \{00\bar{1}\}$ auf.

Die Zwillinge dieser Symmetrieklasse sind, wie zu erwarten, vorzugsweise Ergänzungszwillinge nach der durch die Hemimorphie als S-E verloren gegangenen Basisfläche. Fig. 260 stellt einen solchen Zwilling des Kieselzinkerzes dar.

Beispiele dieser Klasse sind unter den Mineralien: Struvit, Kieselzinkerz, Prehnit. Alle Krystalle sind durch pyroelektrische Eigenschaften ausgezeichnet.

XXVII. Klasse. Hemiedrie.
(Rhombisch-bisphenoidische Klasse.)

Keine S-E und kein S-C, dagegen 3 auf einander senkrechte, nicht vertauschbare zweizählige S-A, demnach enantiomorphe Formen.

Aus der untenstehenden Symmetriefigur 261 geht hervor, dass nur die rhombischen Bipyramiden besonders gestaltete Hemieder liefern, nämlich 2 correlate, als rechts und links zu unterscheidende

Fig. 261.

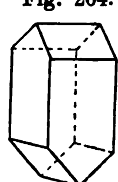
Fig. 262.

Fig. 263.

*Rhombische Bisphenoide $\{hkl\}$ und $\{h\bar{k}l\}$ (Fig. 262 u. 263).

Die rhombischen Bisphenoide werden von 4 ungleichseitigen Dreiecken, also asymmetrischen Flächen begrenzt. 6 Kanten von dreierlei Art, von denen 2 + 2 auf- und absteigende Mittelkanten sind, in deren Mitten die Axen ausmünden.

Die übrigen einfachen Formen dieser Hemiedrie, die von denen der holoedrischen Abtheilung geometrisch nicht verschieden sind, lassen sich als Grenzformen des rhombischen Bisphenoids auffassen: es sind dies 3 nur nach ihrer Lage unterschiedene Prismen und 3 ebensolche Pinakoide.


Fig. 264.

Combinationen. Fig. 264 bringt eine Combination des Verticalprismas mit dem rechten rhombischen Bisphenoid zur Darstellung.

Beispiele. Die Mineralien der Bittersalzgruppe: Bittersalz, Zinkvitriol, Nickelvitriol, ferner Weinstein.

5. Monoklines System.

Dasselbe umfasst diejenigen Symmetrieklassen, deren Formen auf 3 ungleiche Axen, die sich in 2 rechten und einem schiefen Winkel schneiden, bezogen werden können.

Daraus folgt:

1. für die Symmetrie des Coordinatensystems und damit der holoedrischen Klasse die Charakteristik 1 S-E, 1 S-A, 1 S-C und
2. für die Axenelemente:

$$a : b : c; \quad \alpha = \gamma = 90^{\circ}, \quad \beta > 90^{\circ}.$$

Somit enthalten die Axenelemente 3 Constante $\frac{a}{b}$, $\frac{c}{b}$ und β, zu deren Bestimmung 3 von einander unabhängige Winkelmessungen nöthig sind.

Das Axenkreuz wird so orientirt, dass die Axe, die auf den beiden anderen rechtwinklig steht, zur Queraxe (Orthoaxe) b gewählt wird. Von den beiden, den schiefen Winkel β einschliessenden Axen kann man beliebig die eine zur Verticalaxe c, die andere zur Längs- oder Klinoaxe a nehmen; man stellt diese beiden Axen aber so, dass a nach vorn geneigt auf den Beschauer zuläuft, wodurch der stumpfe Winkel β vorn oben zu liegen kommt.

Es sind 3 Symmetrieklassen vorhanden, eine holoedrische und zwei hemiedrische, von denen eine den Charakter der Hemimorphie besitzt.

XXVIII. Klasse. **Holoedrie.**

(Prismatische Klasse.)

1 S-E, darauf senkrecht 1 zweizählige S-A. S-C vorhanden.

Zwei beliebige in der S-E liegende Kanten liefern die Klino- oder Längsaxe a und die Verticalaxe c, während die auf der S-E senkrecht stehende S-A stets die Quer- oder Orthoaxe b abgiebt.

Da nur eine einzige S-E vorhanden ist, so ist zu jeder auftretenden Fläche nur noch die mit Bezug auf jene S-E symmetrische nothwendig; die vollständige Form wird daher mit Einschluss der durch das S-C erforderten parallelen Gegenflächen im allgemeinsten Fall nur aus 4 tautozonalen Flächen bestehen können, während in den speciellen Fällen, dass die auftretende Fläche senkrecht zur S-E steht oder parallel mit ihr läuft, die vollständige Form nur noch ein einziges Flächenpaar begreift.

Im monoklinen System giebt es demnach nur noch Prismen und Pinakoide. Da beides offene Formen sind, so können sie nie allein, sondern nur in Combination auftreten.

Mit Rücksicht auf das an sich beliebige, für den besonderen Fall aber einmal ausgewählte Axenkreuz werden jedoch einzelne der Prismenflächen alle 3 Axen, einzelne Pinakoidflächen 2 Axen schneiden. Darauf gründet sich die Nomenclatur der monoklinen Formen, welche alsdann wieder in 7 einfache Formen zerfallen, von den 4 zu den Pinakoiden, 3 zu den Prismen gehören.

a) Pinakoide.

1. Die Flächen laufen der S-E parallel: das Längs- oder Klinopinakoid (zweites Pinakoid, Längsfläche), $\infty a : b : \infty c$; $\{010\}$.

Wenn die Flächen auf der S-E senkrecht stehen, mithin der Orthoaxe b parallel sind, lassen sich 3 Fälle unterscheiden, je nachdem die Flächen

2. zugleich der Verticalaxe c parallel laufen: das Quer- oder Orthopinakoid (erstes Pinakoid, Querfläche), $a : \infty b : \infty c$; $\{100\}$;

3. zugleich der Klinoaxe a parallel laufen: das Endpinakoid (Basis, drittes Pinakoid, schiefe Endfläche), $\infty a : \infty b : c$; $\{001\}$;

4. zugleich die Verticalaxe c und die Klinoaxe a schneiden: Quer- oder Orthopinakoide (Pinakoide II Art)[1]), $a : \infty b : nc$; $\{h0l\}$.

b) Prismen.

5. Die Flächen laufen allein der Klinoaxe a parallel und schneiden die Axen c und b: Längs- oder Klinoprismen (Prismen I Art), $\infty a : b : nc$; $\{0kl\}$;

6. Die Flächen laufen allein der Verticalaxe c parallel und schneiden die Axen a und b: Verticalprismen (Prismen III Art), $a : mb : \infty c$; $\{hk0\}$;

7. Die Flächen schneiden alle 3 Axen: Prismen IV Art[2]) $a : mb : nc$; $\{hkl\}$.

Anm. 1. Während das Klinopinakoid bei jeglicher Axenaufstellung als solches bestehen bleibt, sind ersichtlich durch Wahl einer anderen Vertical- bezw. Klinoaxe die übrigen Pinakoide unter sich, wie auch die Prismen mit einander vertauschbar.

Anm. 2. Bei den Formen sub 4 und 7 giebt es solche, die vorn über dem stumpfen Winkel β oder hinten über dem spitzen Supplement von β liegen; man unterscheidet sie danach als vordere und hintere Orthopinakoide bezw. Prismen IV Art.

Naumann's Bezeichnung. Alle Formen werden von einer sogen. vollständigen monoklinen Bipyramide $\pm P$, d. h. der Combination einer vorderen und einer hinteren Hemipyramide, d. h. zweier Prismen IV Art, deren Axenabschnitte gleich 1 sind, abgeleitet. Weiter ist zu bemerken, dass Naumann allen jenen monoklinen Formen, die über dem spitzen Winkel β liegen, also den hinteren das positive, den vorderen Formen das negative Vorzeichen giebt, weil sich für letztere bei der Cosinusrechnung das negative Vorzeichen in ein positives umwandelt. Sonst ist die Bezeichnung analog der im rhombischen System mit der einzigen Abweichung, dass die auf die Klinoaxe sich beziehenden Ableitungszahlen durch einen schräg über sie gestellten Strich ausgezeichnet werden. So ist:

$$\{021\} = -2P\grave{\infty}; \quad \{203\} = -{}^2/_3 P\grave{\infty}; \quad \{\bar{1}24\} = +{}^1/_2 P\grave{2}.$$

Combinationen. Einfache Formen können nicht vorkommen. — Die Zurechnung der einzelnen Formen zu den Prismen und Pinakoiden, bezw. deren speciellen Arten hängt von der Wahl des Axensystems ab, ergiebt sich aber nach getroffener Wahl in einfachster Weise. — Die Fig. 265—268 stellen einige monokline Combinationen dar.

---

[1]) Nach Naumann's Bezeichnung Orthodomen.
[2]) Nach Naumann's Bezeichnung Hemipyramiden.

Die Symmetrie des Systems und der Zonenverband geht aus der Projection Fig. 269 (Projection des Orthoklases Fig. 268) hervor, in welcher die Zeichenebene senkrecht zur Verticalaxe steht.

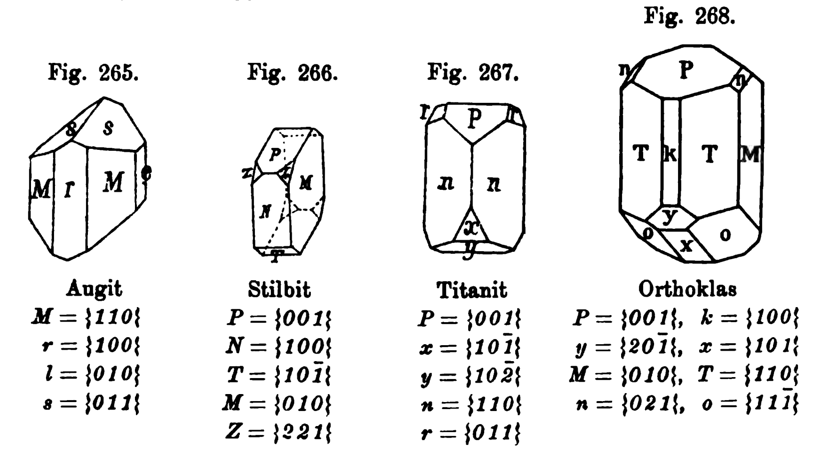


Fig. 265. Augit
$M = \{110\}$
$r = \{100\}$
$l = \{010\}$
$s = \{011\}$

Fig. 266. Stilbit
$P = \{001\}$
$N = \{100\}$
$T = \{10\bar{1}\}$
$M = \{010\}$
$Z = \{221\}$

Fig. 267. Titanit
$P = \{001\}$
$x = \{10\bar{1}\}$
$y = \{10\bar{2}\}$
$n = \{110\}$
$r = \{011\}$

Fig. 268. Orthoklas
$P = \{001\}$, $k = \{100\}$
$y = \{20\bar{1}\}$, $x = \{10\bar{1}\}$
$M = \{010\}$, $T = \{110\}$
$n = \{021\}$, $o = \{11\bar{1}\}$

Zwillinge. Die Zwillingsgesetze der monoklin-holoedrischen Krystalle finden sich am besten am Orthoklas verkörpert, dessen 3 wichtigsten Gesetze solche nach $k = \{100\}$ (Karlsbader Gesetz), Fig. 270 u. 271, nach $P = \{001\}$ (Manebacher Gesetz), Fig. 273 und $n = \{021\}$ (Bavenoer Gesetz) Fig. 272 sind.

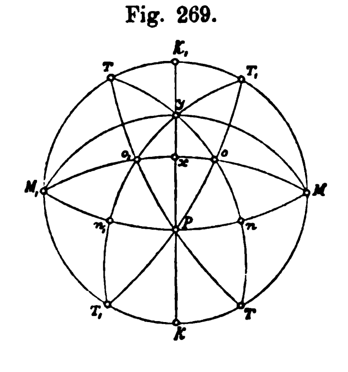


Fig. 269.

Am häufigsten bildet eine auf der S-E senkrechte Fläche die Zwillingsebene, die dann gewöhnlich bei der Aufstellung der Krystalle zum Orthopinakoid gewählt wird, z. B. beim Augit, Epidot etc.

Das Längspinakoid kann natürlich nicht Zwillingsfläche werden, wohl aber ist sie öfters

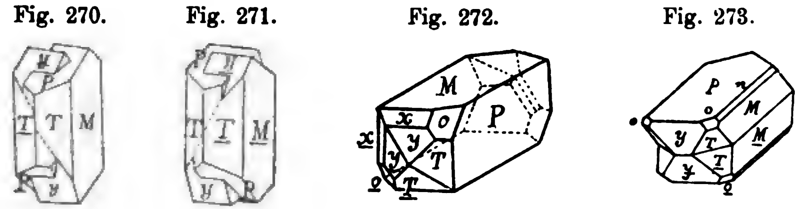


Fig. 270. Fig. 271. Fig. 272. Fig. 273.

Verwachsungsfläche, so z. B. beim Karlsbader Gesetz des Orthoklases. Weil mit Rücksicht auf die einzige S-E die monoklin-holoedrischen Krystalle eine rechte und eine linke Seite unterscheiden lassen, können die Individuen des Karlsbader Zwillings entweder mit der rechten oder mit der linken Seite verwachsen sein, so dass man von rechten und

linken Karlsbadern spricht. Vergl. Fig. 270, rechter Zwilling, und Fig. 271, linker Zwilling.

Beispiele sind recht häufig: Gyps, Orthoklas, Hornblende, Augit, Epidot u. a. m.

Hemiedrische Klassen.

Die monoklin-holoedrischen Formen können in zweifacher Weise hemiedrisch werden: einmal dadurch, dass unter Erhaltung der S-E das S-C zum Verschwinden gelangt, was durch Unterdrücken der parallelen Gegenflächen aller Formen mit Ausnahme des Klinopinakoids erreicht wird. Ein ander Mal dadurch, dass die Formen mit Rücksicht auf die S-E in 2 hemimorphe Hälften zerfallen; alsdann verschwindet die S-E zugleich mit dem S-C und nur die S-A bleibt erhalten. Es giebt noch eine dritte Möglichkeit der hemiedrischen Zerfällung, die zur Unterdrückung der S-E führt, indem von jedem Flächenpaar rechts und links der S-E je eine Fläche verschwindet, während die dazu parallele Gegenfläche erhalten bleibt. Die hierbei resultirenden Formen haben jedoch die Symmetrie der XXXI. Klasse und müssen demnach zum triklinen System gestellt werden. Somit bleiben 2 hemiedrische Abtheilungen übrig, von denen die eine als Hemimorphie zu bezeichnen ist.

XXIX. Klasse. **Hemimorphie.**
(Sphenoidische Klasse.)

Keine S-E, 1 zweizählige S-A. Kein S-C. Die Formen sind enantiomorph.

Die holoedrischen Formen zerfallen hemimorph nach der S-E und liefern damit hemiedrische Formen, von denen nur die auf der ursprünglichen S-E senkrechten Pinakoide in ihrer geometrischen Form als parallele Flächenpaare erhalten bleiben, während das Klinopinakoid sich in 2 einzelne Flächen, die holoedrischen Prismen in je 2 Sphenoide auflösen. Die correlaten Formen sind enantiomorph und daher als rechte und linke zu unterscheiden.

Beispiele sind unter den Mineralien nicht bekannt, finden sich aber unter anderen am Rohr- und am Milchzucker, an der Weinsäure.

XXX. Klasse. **Hemiedrie.**
(Domatische Klasse.)

1 S-E; ohne S-A und ohne S-C.

Die Formen gehen aus den Holoedern durch Unterdrückung des S-C, aber unter Erhaltung der S-E hervor, was dadurch erreicht wird,

dass die parallelen Gegenflächen jedesmal zum Verschwinden gebracht werden. Nur das Klinopinakoid, dessen Flächen der verbliebenen S-E parallel sind, bleibt in seiner ursprünglichen geometrischen Form als paralleles Flächenpaar erhalten. Die vierflächigen holoedrischen Prismen liefern dabei correlate zweiflächige Hemiprismen (Domen), während die auf der S-E senkrecht stehenden Pinakoide in correlate Einzelflächen zerfallen.

Das einzige Beispiel unter den Mineralien bilden die Krystalle des Skolezit, die jedoch zumeist nach der Querfläche verzwillingt sind, wodurch die S-C wieder erlangt wird.

6. Triklines System.

Die Symmetrieklassen und Formen dieses Systems werden auf 3 ungleiche schiefwinklige Axen bezogen.

Daraus folgt:

1. für die Symmetrie des Coordinatensystems bezw. der holoedrischen Klasse der Charakteristik 0 S-E, 0 S-A, 1 S-C;

2. für die geometrischen Constanten des Systems:

$a : b : c$ und die 3 schiefen Winkel α, β und γ.

Somit enthalten die Krystallelemente des triklinen Systems 5 Unbekannte $\frac{a}{b}$, $\frac{c}{b}$, α, β und γ, zu deren Bestimmung 5 von einander unabhängige Winkel gemessen sein müssen.

Da alle triklinen Krystalle ohne S-E und ohne S-A sind, so kann man zu Axen jede 3 beliebigen, unter sich nicht parallelen Kanten wählen, die man ebenso beliebig zur Längsaxe a, Queraxe b und Verticalaxe c bestimmt. Bei der Aufstellung des Axenkreuzes sucht man gern die vorhandenen stumpfen Winkel in den vorderen, oberen rechten Oktanten zu bekommen.

Dem triklinen System gehören 2 Symmetrieklassen an, von denen die holoedrische Abtheilung noch 1 S-C hat, während die hemiedrische Abtheilung ganz ohne Symmetrieelemente ist.

XXXI. Klasse. Holoedrie.

(Pinakoidale Klasse.)

Keine S-E und keine S-A, dagegen S-C vorhanden.

Da keine S-E, wohl aber noch das S-C vorhanden ist, so giebt es in der holoedrischen Abtheilung nur noch zweiflächige Formen oder parallele Flächenpaare, Pinakoide, welche jedoch, je nachdem sie 1, 2

oder 3 der zu Grunde gelegten Axen schneiden, wiederum in 7 besondere Formen unterschieden werden können, nämlich:

1. Erstes Pinakoid $(a : \infty b : \infty c)$; $\{100\}$,
2. Zweites Pinakoid $(\infty a : b : \infty c)$; $\{010\}$,
3. Drittes Pinakoid $(\infty a : \infty b : c)$; $\{001\}$,
4. Pinakoide I Art $(\infty a : b : nc)$; $\{0kl\}$,
5. Pinakoide II Art $\{a : \infty b : nc)$; $\{h0l\}$,
6. Pinakoide III Art $(a : nb : \infty c)$; $\{hk0\}$,
7. Pinakoide IV Art $(a : mb : nc\}$; $\{hkl\}$.

Naumann's Bezeichnung. Naumann geht bei seiner Bezeichnung von einer vollständigen Bipyramide aus, die von den 4 Flächenpaaren $\{111\}$, $\{1\bar{1}\bar{1}\}$, $\{11\bar{1}\}$ und $\{1\bar{1}\bar{1}\}$ gebildet wird, und fasst diese in ihrer Gesammtheit als P zusammen. Im Uebrigen wird das Naumann'sche Symbol ganz wie im rhombischen System gebildet, nur ist es noch nöthig, die Lage der einzelnen Pinakoide in den verschiedenen Oktanten durch geeignete Zeichen auszudrücken. Dazu dienen Accente, die dem Buchstaben P angefügt werden; so bedeutet P', dass die Form im oberen rechten Oktanten liegt, entsprechend bedeutet $P,$ den rechten unteren, $'P$ den linken oberen und $,P$ den linken unteren Oktanten. Beispielsweise ist $\{201\} = 2P'\breve{\infty}$, ferner $3'P\breve{\infty} = \{0\bar{3}1\}$ u. s. w.

Combinationen. Alle holoedrisch-triklinen Krystalle stellen Combinationen von Pinakoiden dar. Was man von diesen Pinakoiden mit

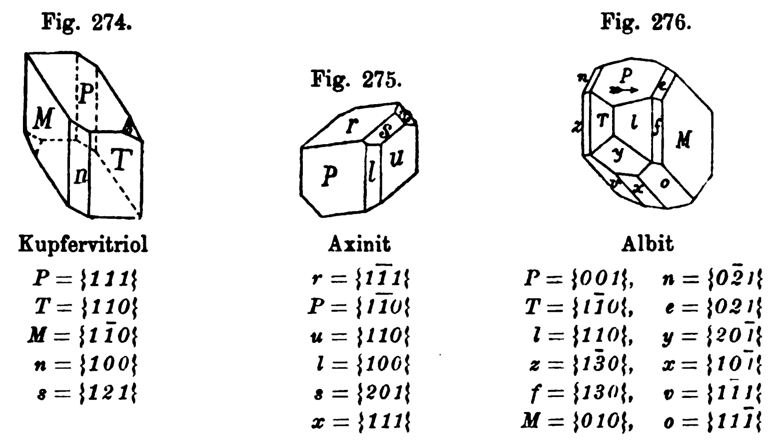


Fig. 274. Kupfervitriol

$P = \{111\}$
$T = \{110\}$
$M = \{1\bar{1}0\}$
$n = \{100\}$
$s = \{121\}$

Fig. 275. Axinit

$r = \{1\bar{1}1\}$
$P = \{1\bar{1}0\}$
$u = \{110\}$
$l = \{100\}$
$s = \{201\}$
$x = \{111\}$

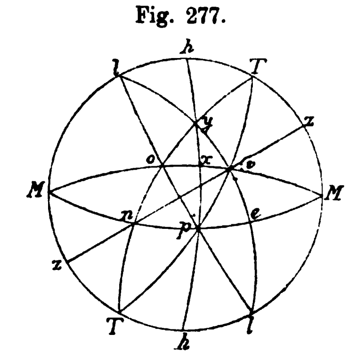
Fig. 276. Albit

$P = \{001\}$, $n = \{0\bar{2}1\}$
$T = \{1\bar{1}0\}$, $e = \{021\}$
$l = \{110\}$, $y = \{20\bar{1}\}$
$z = \{1\bar{3}0\}$, $x = \{10\bar{1}\}$
$f = \{130\}$, $v = \{1\bar{1}1\}$
$M = \{010\}$, $o = \{11\bar{1}\}$

Rücksicht auf die Axenabschnitte als erstes, zweites und drittes Pinakoid bezw. als solche I, II, III oder IV Art bezeichnen will, hängt von der ganz beliebigen Wahl der Axen ab und ändert sich mit veränderter Wahl. Zweckmässig wird man zu Axen solche Kanten nehmen, die aus dem Durchschnitt von Spaltflächen, von vorherrschenden oder sonst ausgezeichneten Flächen hervorgehen, da die Erfahrung lehrt, dass alsdann die Indices der Formen am einfachsten werden. Die Fig. 274—276 stellen hierher gehörige Combinationen dar; eine Zonenübersicht eines charakteristischen Minerales der Abtheilung, des Albits, giebt die Projection Fig. 277.

Zwillinge. Da im triklinen System nur eine Art von Flächen vorhanden ist, so tragen alle Zwillinge, deren Individuen symmetrisch zu einer Fläche verwachsen sind, den gleichen Charakter. Gewöhnlich sind diejenigen Flächen eines Krystalls, die zu Zwillingsflächen werden, zu Pinakoiden gewählt worden, so dass man die Basis, die Quer- und die Längsfläche am häufigsten als Zwillingsfläche verzeichnet findet. — Für die triklinen Feldspäthe (Plagioklase) sind polysynthetische Zwillinge charakteristisch.

Fig. 277.



In diesem System finden sich nun auch Zwillinge, bei denen die Individuen nicht symmetrisch zu einer möglichen Krystallfläche, sondern symmetrisch zu einer auf einer möglichen Krystallkante senkrechten Ebene liegen. Diese letztere Ebene hat immer irrationale Indices. (Periklingesetz des Albits, Zwillinge nach den Axen *b* und *c* am Cyanit. Vergl. Näheres im speciellen Theil.)

Beispiele sind häufig; ausgezeichnet am Kupfervitriol, Cyanit, Axinit und an den Plagioklasen.

XXXII. Klasse. **Hemiedrie.**

(Asymmetrische Gruppe.)

Ohne jedes Symmetrieelement.

Dadurch, dass den holoedrischen Formen auch noch das S-C verloren geht, d. h. dass jedes parallele Flächenpaar in 2 von einander unabhängige Einzelflächen zerfällt, gehen die hierher gehörigen Hemieder hervor. Jede einzelne der den Krystall begrenzenden Flächen stellt somit eine einfache Krystallform dar und ist von jeder anderen physikalisch unterschieden.

Beispiele sind unter den Mineralien nicht bekannt; sonst gehört das saure rechtsweinsaure Strontium hierher.

Die im Vorstehenden beschriebenen 6 Krystallsysteme sind in nachfolgender Tabelle mit ihren 32 Symmetrieklassen, ihren Symmetrieelementen und ihren einfachen Formen übersichtlich zusammengestellt. Dabei sind diejenigen einfachen Formen der Hemiedrie, Tetartoedrie und Hemimorphie, die sich von den holoedrischen geometrisch nicht unterscheiden, nur durch einen Strich ausgedrückt worden.

Tabellarische

über die 6 Krystall-Systeme und 32 Symmetrie-Klassen mit ihren

1. Reguläres

Symmetrie-Klassen	Symmetrie-Elemente			{hkl} (a : ma : na); mOn	{hll} (a : ma : ma); mOm
	S-E	S-A	S-C		
I. Holoedrie. Hexakisoktaedrische Klasse.	3 + 6	$3^{IV} + 4^{III} + 6^{II}$	1	Hexakisoktaeder	Deltoidikositetraeder
II. Tetraedrische Hemiedrie. Hexakistetraedrische Klasse.	6	$4^{III} + 3^{II}$	0	Hexakistetraeder	Triakistetraeder
III. Pentagonale Hemiedrie. Dyakisdodekaedrische Klasse.	3	$4^{III} + 3^{II}$	1	Dyakisdodekaeder	—
IV. Plagiedrische Hemiedrie. Pentagonikositetraedrische Klasse.	0	$3^{IV} + 4^{III} + 6^{II}$	0	Pentagonikositetraeder	—
V. Tetartoedrie. Tetraedrisch-pentagondodekaedrische Klasse.	0	$4^{III} + 3^{II}$	0	Tetraedrische Pentagondodekaeder	Triakistetraeder

2. Hexagonales

Symmetrie-Klassen	Symmetrie-Elemente			{hk$\bar{i}$l} (a : ma : —xa : nc); nPm	{h0$\bar{h}$l} (a : ∞a : —a : nc); nP
	S-E	S-A	S-C		
VI. Holoedrie. Dihexagonal-bipyramidale Klasse.	1+3+3	$1^{VI} + 6^{II}$	1	Dihexagonale Bipyramiden	Hexagonale Bipyramiden I Art
VII. Hemimorphie der Holoedrie. Dihexagonal-pyramidale Klasse.	3 + 3	1^{VI}	0	Dihexagonale Pyramiden	Hexagonale Pyramiden I Art
VIII. Trigonale Hemiedrie. Ditrigonal-bipyramidale Klasse.	1 + 3	$1^{III} + 3^{II}$	0	Ditrigonale Bipyramiden	Trigonale Bipyramiden I Art
IX. Rhomboedrische Hemiedrie. Ditrigonal-skalenoedrische Klasse.	3	$1^{III} + 3^{II}$	1	Ditrigonale Skalenoeder	Rhomboeder
X. Pyramidale Hemiedrie. Hexagonal-bipyramidale Klasse.	1	1^{VI}	1	Hexagonale Bipyramiden III Art	—
XI. Trapezoedrische Hemiedrie. Hexagonal-trapezoedrische Klasse.	0	$1^{VI} + 6^{II}$	0	Hexagonale Trapezoeder	—

Anm. Die horizontale Strich bedeutet, dass die betreffende Form mit der holoedrischen geo-

Uebersicht

Symmetrie-Elementen, einfachen Formen und deren Symbole.

System.

$\{kkl\}$ $(a:a:ma)$; mO	$\{111\}$ $(a:a:a)$; O	$\{hk0\}$ $(a:ma:\infty a)$; $\infty O m$	$\{110\}$ $(a:a:\infty a)$; ∞O	$\{100\}$ $(a:\infty a:\infty a)$; $\infty O \infty$
Triakisoktaeder	Oktaeder	Tetrakishexaeder	Rhombendodekaeder	Hexaeder
Deltoiddodekaeder	Tetraeder	—	—	—
—	—	Pentagondodekaeder	—	—
—	—	—	—	—
Deltoiddodekaeder	Tetraeder	Pentagondodekaeder	—	—

System.

$\{h.h.\overline{2h}.l\}$ $(a:a:-{}^1/_2 a:nc)$; nP_2	$\{hki0\}$ $(a:ma:-xa:\infty c)$; ∞Pm	$\{10\bar{1}0\}$ $(a:\infty a:-a:\infty c)$; ∞P	$\{11\bar{2}0\}$ $(a:a:-{}^1/_2 a:\infty c)$; ∞P_2	$\{0001\}$ $(\infty a:\infty a:\infty a:c)$; oP
Hexagonale Bipyramiden II Art	Dihexagonale Prismen	Hexagonales Prisma I Art	Hexagonales Prisma II Art	Hexagonale Basis
Hexagonale Pyramiden II Art	—	—	—	Basis-(End-) Flächen
—	Ditrigonale Prismen	Trigonales Prisma I Art	—	—
—	—	—	—	—
—	Hexagonale Prismen III Art	—	—	—
—	—	—	—	—

metrisch übereinstimmt. Die römischen Ziffern geben die Zähligkeit der Axen an.

Symmetrie-Klassen	Symmetrie-Elemente S-E	S-A	S-C	$\{hk\bar{i}l\}$ $(a:ma:-xa:nc)$; nPm	$\{h0\bar{h}l\}$ $(a:\infty a:-a:nc)$; nP
XII. Hemimorphie der trigonalen Hemiedrie. Ditrigonal-pyramidale Klasse.	3	1^{III}	0	Ditrigonale Pyramiden	Trigonale Pyramiden I Art
XIII. Hemimorphie der pyramidalen Hemiedrie. Hexagonal-pyramidale Klasse.	0	1^{VI}	0	Hexagonale Pyramiden III Art	Hexagonale Pyramiden I Art
XIV. Trigonale Tetartoedrie. Trigonal-bipyramidale Klasse.	1	1^{III}	0	Trigonale Bipyramiden III Art	Trigonale Bipyramiden I Art
XV. Trapezoedrische Tetartoedrie. Trigonal-trapezoedrische Klasse.	0	$1^{III}+3^{II}$	0	Trigonale Trapezoeder	Rhomboeder
XVI. Rhomboedrische Tetartoedrie. Rhomboedrische Klasse.	0	1^{III}	1	Rhomboeder III Art	Rhomboeder I Art
XVII. Hemimorphie der trigonalen Tetartoedrie. Trigonal-pyramidale Klasse.	0	1^{III}	0	Trigonale Pyramiden III Art	Trigonale Pyramiden I Art

3. Tetragonales

Symmetrie-Klassen	Symmetrie-Elemente S-E	S-A	S-C	$\{hkl\}$ $(a:ma:nc)$; nPm	$\{hhl\}$ $(a:a:nc)$; nP
XVIII. Holoedrie. Ditetragonal-bipyramidale Klasse.	1+2+2	$1^{IV}+4^{II}$	1	Ditetragonale Bipyramiden	Tetragonale Bipyramiden I Art
XIX. Hemimorphie d. Holoedrie. Ditetragonal-pyramidale Klasse.	2+2	1^{IV}	0	Ditetragonale Pyramiden	Tetragonale Pyramiden I Art
XX. Sphenoidische Hemiedrie. Tetragonal-skalenoedrische Klasse.	2	$1^{II}+2^{II}$	0	Tetragonale Skalenoeder	Tetragonale Bisphenoide
XXI. Pyramidale Hemiedrie. Tetragonal-bipyramidale Klasse.	1	1^{IV}	1	Tetragonale Bipyramiden III Art	—
XXII. Trapezoedrische Hemiedrie. Tetragonal-trapezoedrische Klasse.	0	$1^{IV}+4^{II}$	0	Tetragonale Trapezoeder	—
XXIII. Hemimorphie der pyramidalen Hemiedrie. Tetragonal-pyramidale Klasse.	0	1^{IV}	0	Tetragonale Pyramiden III Art	Tetragonale Pyramiden I Art
XXIV. Sphenoidische Tetartoedrie. Tetragonal-bisphenoidische Klasse.	0	1^{II}	0	Tetragonale Bisphenoide III Art	Tetragonale Bisphenoide I Art

$\{h.h.\overline{2h}.l\}$ $(a:a:-\frac{1}{2}a:nc)$; nP_2	$\{hk\bar{i}0\}$ $(a:ma:-xa:\infty c)$; ∞Pm	$\{10\bar{1}0\}$ $(a:\infty a:-a:\infty c)$; ∞P	$\{11\bar{2}0\}$ $(a:a:-\frac{1}{2}a:\infty c)$; ∞P_2	$\{0001\}$ $(\infty a:\infty a:\infty a:c)$; oP
Hexagonale Pyramiden II Art	Ditrigonale Prismen	Trigonales Prisma I Art	—	Basis-(End-) Flächen
Hexagonale Pyramiden II Art	Hexagonale Prismen III Art	—	—	Basis-(End-) Flächen
Trigonale Bi-pyramiden II Art	Trigonale Prismen III Art	Trigonales Prisma I Art	Trigonales Prisma II Art	—
Trigonale Bi-pyramiden II Art	Ditrigonale Prismen	—	Trigonales Prisma II Art	—
Rhombo-eder II Art	Hexagonale Prismen III Art	—	—	—
Trigonale Pyramiden II Art	Trigonale Prismen III Art	Trigonales Prisma I Art	Trigonales Prisma II Art	Basis-(End-) Flächen

System.

$\{h0l\}$ $(a:\infty a:nc)$; $nP\infty$	$\{hk0\}$ $(a:ma:\infty c)$; ∞Pm	$\{110\}$ $(a:a:\infty c)$; ∞P	$\{100\}$ $(a:\infty a:\infty a)$; $\infty P\infty$	$\{001\}$ $(\infty a:\infty a:c)$; oP
Tetragonale Bi-pyramiden II Art	Ditetragonale Prismen	Tetragonales Prisma I Art	Tetragonales Prisma II Art	Basis
Tetragonale Pyramiden II Art	—	—	—	Basis-(End-) Flächen
—	—	—	—	—
—	Tetragonale Prismen III Art	—	—	—
—	—	—	—	—
Tetragonale Pyramiden II Art	Tetragonale Prismen III Art	—	—	Basis-(End-) Flächen
Tetragonale Bi-sphenoide II Art	Tetragonale Prismen III Art	—	—	—

4. Rhombisches

Symmetrie-Klassen	Symmetrie-Elemente S-E	S-A	S-C	{hkl} (a : mb : nc); nPm̄	{0kl} (∞a : b : nc); nP∞̄
XXV. Holoedrie. Rhombisch-bipyramidale Klasse.	3	3^{II}	1	Rhombische Bipyramiden	Längsprismen (Prismen I Art)
XXVI. Hemimorphie. Rhombisch-pyramidale Klasse.	2	1^{II}	0	Rhombische Pyramiden	(Domen I Art)
XXVII. Hemiedrie. Rhombisch-bisphenoidische Klasse.	0	3^{II}	0	Rhombische Bisphenoide	—

5. Monoklines

Symmetrie-Klassen	Symmetrie-Elemente S-E	S-A	S-C	{hkl} (a : mb : nc); nPm̄	{0kl} (∞a : b : nc); nP∞̄
XXVIII. Holoedrie. Prismatische Klasse.	1	1^{II}	1	Prismen IV Art	Längsprismen (Prismen I Art)
XXIX. Hemimorphie. Sphenoidische Klasse.	0	1^{II}	0	Rechte und linke Sphenoide (Sphenoide IV Art)	Längssphenoide (Sphenoide I Art)
XXX. Hemiedrie. Domatische Klasse.	1	0	0	Vordere u. hintere Domen (IV Art)	Längsdomen (Domen I Art)

6. Triklines

Symmetrie-Klassen	Symmetrie-Elemente S-E	S-A	S-C	{hkl} (a : mb : nc); nPm̄	{0kl} (∞a : b : nc); nP∞̄
XXXI. Holoedrie. Pinakoidale Klasse.	0	0	1	Pinakoide IV Art	Pinakoide I Art
XXXII. Hemiedrie. Asymmetrische Klasse.	0	0	0	Flächen IV Art	Flächen I Art

System.

$\{h0l\}$ $(a:\infty b:nc)$; $nP\bar{\infty}$	$\{hk0\}$ $(a:mb:\infty c)$; $\infty P\bar{m}$	$\{100\}$ $(a:\infty b:\infty c)$; $\infty P\bar{\infty}$	$\{010\}$ $(\infty a:b:\infty c)$; $\infty P\breve{\infty}$	$\{001\}$ $(\infty a:\infty b:c)$; oP
Querprismen (Prismen II Art)	Verticalprismen (Prismen III Art)	Querpinakoid (Erstes Pinakoid)	Längspinakoid (Zweites Pinakoid)	RhombischeBasis (DrittesPinakoid)
(Domen II Art)	—	—	—	Basis-(End-) Flächen
—	—	—	—	—

System.

$\{h0l\}$ $(a:\infty b:nc)$; $nP\bar{\infty}$	$\{hk0\}$ $(a:mb:\infty c)$; $\infty P\bar{m}$	$\{100\}$ $(a:\infty b:\infty c)$; $\infty P\bar{\infty}$	$\{010\}$ $(\infty a:b:\infty c)$; $\infty P\breve{\infty}$	$\{001\}$ $(\infty a:\infty b:c)$; oP
Querpinakoide (Pinakoide II Art)	Verticalprismen (Prismen III Art)	Querpinakoid (Erstes Pinakoid)	Längspinakoid (Zweites Pinakoid)	Endpinakoid (Basis, drittes Pinakoid)
—	Verticalsphenoide (Sphenoide III Art)	—	Rechte und linke Fläche	—
Vordere und hintere Querflächen (II Art)	Verticaldomen (Domen III Art)	Vordere u.hintere Querfläche	—	Obere und untere Erdfläche (Basisfläche)

System.

$\{h0l\}$ $(a:\infty b:nc)$; $nP\bar{\infty}$	$\{hk0\}$ $(a:mb:\infty c)$; $\infty P\bar{m}$	$\{100\}$ $(a:\infty b:\infty c)$; $\infty P\bar{\infty}$	$\{010\}$ $(\infty a:b:\infty c)$; $\infty P\breve{\infty}$	$\{001\}$ $(\infty a:\infty b:c)$; oP
Pinakoide II Art	Pinakoide III Art	Erstes Pinakoid	Zweites Pinakoid	Drittes Pinakoid
Flächen II Art	Flächen III Art	Erste Fläche	Zweite Fläche	Dritte Fläche

Als Anhang an die im Vorstehenden zum Abschluss gebrachte „geometrische Krystallographie“ mag hier noch kurz auf die zuweilen zu beobachtende Gesetzmässigkeit in der Verwachsung von Krystallen verschiedener Species hingewiesen sein. Gewöhnlich ist bei solchen Verwachsungen die Orientirung derart, dass die Krystalle nicht nur die Verwachsungsfläche, sondern noch eine Zone gemeinsam haben. So finden sich, um nur die auffälligsten Beispiele zu erwähnen, die dem Paragonitschiefer von Faido im Tessin eingewachsenen Krystalle des rhombischen Stauroliths und des triklinen Cyanits oft so verbunden, dass beider Querflächen bei gleicher Richtung der Verticalaxen zusammenfallen. — Auf der Basis der Eisenglanztafeln von Cavradi im Tavetsch haften Rutilkrystalle, deren Prismenkanten die Richtung der Zwischenaxen des rhomboedrischen Eisenglanzes innehalten. — Bei Hirschberg im Riesengebirge, bei Baveno, auf Elba etc. sitzen den Verticalflächen der Kalifeldspäthe (Orthoklas, z. Th. aber auch Mikroklin) Albitkrystalle auf, sodass stets beider Flächen und die Verticalaxe correspondiren. Ebenso finden regelmässige Verwachsungen statt zwischen Pyrit und Markasit. — Auch die häufigen Parallelverwachsungen von Augit und Hornblende gehören hierher u. a. m.

Capitel IX.

§ 1. Ausbildungsweise und § 2. Art des Auftretens der Krystalle.

§ 1. Ausbildungsweise, Unvollkommenheiten. Die in den vorhergehenden Capiteln zu Ende geführte geometrische Betrachtung der Krystalle geht von Idealgestalten aus, wie solche von der Natur nur unter besonderen günstigen Umständen, d. h. in Ausnahmefällen gebildet werden. Abweichungen von solchen Idealgestalten — gewöhnlich als Unvollkommenheiten der Krystallbildung bezeichnet — bilden die Regel, und daher ist die die Ausbildungsweise überhaupt und diese Abweichungen im Besonderen erörternde „Krystallotektonik“ von hoher Bedeutung für die Mineralogie.

Von einer gewissen Regelmässigkeit wird noch die sogen. Habitusausbildung beherrscht. — Einzelne, oftmals gleichwerthige Flächen walten in den Combinationen vor und bedingen einen pyramidalen, prismatischen (säuligen) oder pinakoidalen (tafligen) Habitus, als dessen Grenzformen nadlige, haar- und blättchenförmige Krystalle hervorgehen. Die Habitusausbildung ist in vielen Fällen für dasselbe Mineral constant, in anderen schwankt sie und hängt dann oft in bestimmter Weise mit örtlichen und paragenetischen Verhältnissen zusammen.

Die Abweichungen von der geometrischen Idealgestalt und von den nach der Krystalldefinition zu erfüllenden Bedingungen können 1. die

äussere Form der Krystalle, 2. die Oberflächenbeschaffenheit, 3. die Gleichartigkeit der Mineralsubstanz betreffen.

ad 1. Die Unvollkommenheit der äusseren Form, abgesehen von der durch mechanische Einflüsse bewirkten Unvollständigkeit, wird in der Regel als Verzerrung bezeichnet. Sie äussert sich am häufigsten in der ungleichen Centraldistanz gleichwerthiger Flächen, die so weit gehen kann, dass einzelne zu einer Krystallform zusammengehörige Flächen überhaupt nicht auftreten (Meroedrie). Als ganz gewöhnliche Erscheinung erleidet das symmetrische Aussehen der Krystalle Einbusse, sodass nur ausnahmsweise der Symmetriegrad aus dem blossen Anblick hervorgeht.

Reguläre Würfel des Pyrits erscheinen zuweilen nach einer Richtung lang ausgedehnt und nehmen quadratischen Habitus an; reguläre Oktaeder von Magnetit erscheinen als hexagonale Combinationen von Rhomboeder und Basis; Quarzkrystalle der Combination, Säule mit Bipyramide erscheinen wie rhombische Combinationen. — Reguläre Rhombendodekaeder können das Aussehen erlangen der Combination Rhomboeder mit Prisma II Art im hexagonalen, der Combination des Prismas mit Bipyramide anderer Art im quadratischen oder der Combination der 3 Prismen mit einander im rhombischen System etc. Ganz besonders häufig erlangen rhombische Combinationen das Aussehen hexagonaler Krystalle.

Fig. 278.

Der beistehende Krystall Fig. 278 lässt nach dem blossen Aussehen folgende Deutungen zu:

regulläres System: *{211}*, *{110}*,
tetragonales System: *{111}*, *{421}*, *{110}*, *{201}*,
rhombisches System: 3 Bipyramiden in Combination mit 3 Prismen.

Es bedarf kaum des Hinweises, dass in diesen und allen ähnlichen Fällen der wahre Symmetriegrad, der sich in den Winkeln äussert, nicht verändert wird und somit durch Messung leicht festgestellt werden kann.

Die Verzerrung der Krystalle ist zumeist Folge des Wachsthums, bei der einzelne Richtungen besonders bevorzugt sind; in anderen selteneren Fällen ist dieselbe jedoch auf mechanische Vorgänge, Gebirgsdruck zurückzuführen. Dabei erleiden auch die Krystallwinkel eine Veränderung, die Krystalle werden oft gekrümmt und gebogen und nicht selten zerbrochen.

ad 2. Völlig ebene Flächen gehören gleichfalls zu den Seltenheiten, wovon man sich namentlich am Reflexionsgoniometer überzeugt; gewöhnlich sind sie matt, rauh, drusig, gestreift, facettirt, gekrümmt etc. Soweit die Flächenbeschaffenheit eine Wachsthumserscheinung ist, zeigt sich das Symmetriegesetz bestätigt, dass alle gleichwerthigen Flächen gleiche physikalische Beschaffenheit besitzen, eine Beziehung, von der oft mit Vortheil bei der Entzifferung flächenreicher Combinationen Gebrauch gemacht wird.

Besonders charakteristisch ist eine parallele Streifung oder Riefung der Flächen, die durch die oft wiederholte (oscillirende) Combination

zweier Flächen hervorgerufen wird (daher Combinationsstreifung); zur Erkennung der Zwillinge wird sie als Fiederstreifung wichtig.

Gewöhnliche Beispiele der Combinationsstreifung sind: die Horizontalstreifung auf den Säulenflächen des Quarzes, Streifung der Würfelflächen des Pyrits parallel einer Kante, der Rhombendodekaederflächen des Magnetits parallel der längeren Diagonale etc.

Verschieden von der Combinationsstreifung ist die sogen. Zwillingsstreifung mancher Mineralien, z. B. der Plagioklase, mancher Kalkspäthe, die von blattartig dünnen Zwillingslamellen herrührt.

Sind die mit einander in oscillirende Combination tretenden Flächen ungleich breit, so entsteht durch die vielfache Wiederholung derselben Flächen eine Rundung an den Kanten, eine Krümmung (Turmalin, Beryll, Kalkspath etc.).

Aber auch unabhängig von irgend welcher Combination erscheinen gekrümmte Flächen, wie die für den Diamant charakteristische convexe Krümmung der Flächen, während am Spatheisen häufig eine concave Krümmung (sogen. sattelförmige Krümmung) der Rhomboederflächen bemerkt wird.

Baut sich der Krystall durch Parallelverwachsung aus Subindividuen auf, so sind die Flächen, wie sich dies oft am Flussspath, auch am Kryolith zeigt, parquettirt.

Grössere Krystallflächen erscheinen zuweilen unter sehr stumpfen Winkeln geknickt; die einzelnen Facetten sind zum Theil tautozonal, und auf ihre Indices berechnet, lassen sie oft ein Fortschreiten der dabei resultirenden hohen Indiceszahlen in arithmetischer Reihe erkennen. Solche Facetten heissen mit Bezug auf die Hauptflächen Vicinalflächen (Danburit, Adular, Albit etc.), während die ganze Erscheinung der unter sehr stumpfen Winkeln geknickten Krystallflächen als Polyedrie bezeichnet wird, ein Wort, das allerdings auch wohl in etwas anderem Sinn gebraucht wird.

Matte, rauhe, drusige Flächen können oft durch Corrosion entstanden sein.

Auch treppenförmig eingefallene Krystalle, als Folge ungenügender Raumerfüllung, kommen vor (Würfelflächen des Steinsalzes und Bleiglanzes, Rhomboederflächen des Quarzes, z. B. desjenigen von Zinnwald). Sie bilden den Uebergang zu Krystallskeleten.

Neben den eigentlichen Krystallflächen treten zuweilen auch sogen. Scheinflächen (Endfläche am Quarz) auf, die nichts weiter sind als die Abformung ebener Flächen anstossender Mineralien, mit denen der wachsende Krystall in Berührung kam.

Wie die Flächen, so können auch die Kanten deformirt: gekrümmt, gerundet, gekerbt sein. Werden die Kanten unscharf, so er-

scheinen die Krystalle wie angeschmolzen oder geflossen: Apatit, Augit, Granat.

Besondere Verunstaltungen der ebenen Krystalloberflächen werden durch feine, oft staubartige Ueberzüge seitens eines anderen Minerales bewirkt. So überzieht Chlorit Krystalle des Adulars, Albits, Granats; Kupferkies solche vom Fahlerz, Pyrit solche vom Kalkspath. Bemerkenswerth ist, dass derartige Ueberzüge sich zuweilen auf bestimmte Flächen eines Krystalls beschränken, wie es sich z. B. an den Chloritüberzügen mancher alpiner Adulare, Albite, Bergkrystalle etc. beobachten lässt.

Die überaus häufige unvollkommene Beschaffenheit der Krystallflächen und Kanten erklärt nun auch zur Genüge, weshalb sich zwischen den gemessenen und den berechneten Krystallwinkeln ständig kleine Abweichungen ergeben.

ad 3. Nicht homogene Beschaffenheit eines Krystalls, wie sie sich in abweichender physikalischer oder chemischer Beschaffenheit verschiedener Partien desselben äussert, rührt entweder von mechanischen oder von chemischen Beimengungen her. Nur die auf erstere Ursachen zurückführbaren Erscheinungen können als Unvollkommenheiten betrachtet werden, während die letzteren das gesetzmässige Verhalten isomorpher Mischungen (s. späteren Abschnitt) zeigen.

Zu letzteren gehören jene Krystalle (Turmalin, Diopsid, Alaun etc.), die eine zonenartige Farbenänderung ihrer Substanz zeigen.

Mechanische Beimengungen, sogen. Einschlüsse und Interpositionen, sind überaus häufig. Leicht wahrnehmbare Beispiele sind die Einschlüsse von Rutilnadeln in Bergkrystall, Antimonit in Schwerspath, Quarz in Staurolith etc. Oft rühren die Einschlüsse von winzigen Krystallen (Mikrolithen) her, die, selbst wenn ihre mineralogische Natur nicht sicher festzustellen ist, unter Umständen für ihren Wirth charakteristisch sein können (augitische Mikrolithe im Leucit, die Interpositionen des Hypersthens etc.). Häufungen winziger Interpositionen können die Färbung des umschliessenden Krystalls zur Folge haben (Carnallit, Heulandit).

Auch mit Luft, Kohlensäure, Wasser etc. erfüllte, zuweilen ebenflächig begrenzte Hohlräume (negative Krystalle) und Poren unterbrechen die homogene Beschaffenheit eines Krystalles.

Sind die Einschlüsse, gleichviel welcher Art, in regelmässigen parallelen Lagen angeordnet, so geben sie Anlass zu schaligem Bau, wie er besonders deutlich am Kappenquarz, aber auch an vielen anderen Mineralien: Baryt, Wolfram, Vesuvian etc. auftritt. Bei grosser Feinheit und Vollkommenheit des schaligen Baues kann eine parallel bestimmten Flächen verlaufende Absonderung erzeugt werden, die einer Spaltbarkeit täuschend ähnlich wird (Bronzit, Diallag). In ganz analoger Weise kann auch die sich wiederholende Einlagerung sehr dünner Zwil-

lingslamellen schaligen Aufbau und wie Spaltung erscheinende Absonderung hervorbringen (Magnetit).

§ 2. Art des Auftretens der Krystalle. — Es ist hier das Vorkommen und die Gruppirung in Betracht zu ziehen.

Das Vorkommen der Krystalle kann, soweit es sich um morphologische Verhältnisse handelt, ein doppeltes sein, die Krystalle sind entweder eingewachsen (schwebend), wenn sie von Gesteins- oder Mineralmasse rings umschlossen sind und sich innerhalb derselben gebildet haben, oder sie sind aufgewachsen (sitzend), wenn sie nach einer oder mehreren Seiten derartig fest mit ihrer Unterlage verwachsen sind, dass hier keine ebenflächige Ausbildung stattgefunden hat, während sie mit dem ausgebildeten Ende gewöhnlich in Höhlungen, Drusenräume hineinragen. Beide Arten des Vorkommens finden sich sowohl bei Mineralien, die aus wässeriger Lösung wie aus dem Schmelzflusse auskrystallisirt sind, doch sind die eingewachsenen Krystalle viel häufiger bei den aus dem Schmelzflusse ausgeschiedenen Mineralien, also z. B. bei den porphyrartigen Einsprenglingen der Eruptivgesteine, während die aufgewachsenen häufiger bei aus wässeriger Lösung auskrystallisirten Mineralien auftreten. Manche Mineralien finden sich nur oder doch ganz vorherrschend in eingewachsenen Krystallen (Leucit, Olivin, Diamant, Boracit), andere nur in aufgewachsenen Krystallen (Zeolithe, Axinit etc.), die meisten in beiden Zuständen. Bei letzteren zeigt sich häufig die Eigenthümlichkeit, dass der Habitus der eingewachsenen Krystalle verschieden von dem der aufgewachsenen ist (Orthoklas und Adular, Titanit und Sphen etc.) oder dass die aufgewachsenen Krystalle reichere Combinationen darstellen (Quarz, Apatit, Nephelin).

Mit dieser Unterscheidung von auf- und eingewachsenen Krystallen hängen auch weiter die Unterschiede der Krystallgruppirung zusammen, d. h. die Art, wie neben einander vorkommende Krystalle unter sich verbunden sind. Die aufgewachsenen Krystalle werden durch die gemeinsame Unterlage, durch die Wände der Höhlung, in die sie hineinragen, zusammengehalten; sie bilden mitsammt einem Stück der gemeinsamen Unterlage eine Krystalldruse. Die schwebenden Krystalle dagegen, die sich in einer nachgiebigen eruptiven oder sonstigen plastischen Matrix gebildet haben, sind unter einander verbunden und so gut wie unabhängig von der umgebenden Materie; sie liefern die Krystallgruppen.

Das wesentlich Unterscheidende der beiden Verwachsungsarten Druse und Gruppe wird man somit in den entsprechenden Modalitäten des Aufgewachsenseins oder des Eingewachsenseins zu sehen haben und damit correspondirt weiter der Entstehungsvorgang: Drusen sind Secretionsbildungen, Gruppen Concretionsbildungen.

Zu den Drusen gehören die schönen Bergkrystallvorkommnisse aus den „Krystallkellern" der Alpen, die Mineralien der Gangspalten und der Geoden; die Drusen liefern überhaupt die meisten Krystalle unserer Sammlungen. Zu den Gruppen hat man u. a. die Feldspath- und Augitvorkommnisse aus den Eruptivgesteinen, die Gypsknollen in Thonen, die kugeligen Verwachsungen von Pyritkrystallen etc. zu rechnen. Die Drusen wie die Gruppen liefern für bestimmte Mineralien oft höchst charakteristische Gestalten, wie die Hahnenkämme des Baryts, die Bündel des Desmins, die Kugeln und Fächer des Prehnits, die Rosetten des Eisenglanzes und Kalkspaths; gewöhnlich sind bei solchen Verwachsungen nur noch einzelne Flächen scharf ausgebildet; sie bilden schon den Uebergang zu den krystallinischen Aggregaten.

II. Die Formen der Aggregate.

Die Formen der krystallinen Aggregate sind nicht wie die der Krystallindividuen allein abhängig von der freien Entfaltung der Krystallisationskraft, sondern bei ihnen haben äussere und zufällige Einflüsse, wie die Gestalt des Bildungsraums, die Adhäsion, gleichzeitige Entstehung vieler sich gegenseitig in ihrer Ausbildung störender Individuen das Uebergewicht gehabt und die mannichfaltigsten, aber meist regellosen Gestalten erzeugt. Da es sich um Aggregate handelt, so ist hier neben der äusseren Form auch das innere Gefüge, die Structur zu betrachten.

Hängt die äussere Form allein ab von der umgebenden Matrix, so erscheinen die Aggregate in erborgten Formen und heissen eingesprengt, derb oder auch plattig. Bei ausreichendem Bildungsraum erlangen sie freie Formen, wobei sich, ohne dass die näheren Gründe dafür immer ersichtlich sind, kugelige (Oolithe, Pisolithe, Sphärolithe), halbkugelige, nierige, traubige, stalaktitische Formen entwickeln. Ferner gehören hierher Formen, die unter besonderen Verhältnissen, z. B. Auskrystallisationen auf engen Gesteinsklüften und Schichtenfugen, entstanden sind und als baumförmig, gestrickt, dendritisch, moosförmig, haarförmig etc. bezeichnet werden.

Die Structur der Aggregate lässt sich am einfachsten von dem Gesichtspunkt aus übersehen, ob die Individuen des Aggregates eine Ausdehnung wesentlich nach einer, nach zweien oder nach allen Richtungen erfahren haben. Im ersten Fall spricht man von strahligen Aggregaten (parallel-, radial- und divergent- oder verworrenstrahlig) und unterscheidet darunter stenglige, spiessige, faserige, nadelige etc. Aggregate, im zweiten Fall von blättrigen (schaligen, schuppigen), im letzten Fall endlich von körnigen Aggregaten. — Auch die Vereinigung zweier derartiger Structur-

modificationen, eine „doppelte Structur" ist in der sogen. Glaskopfstructur, bei der die radial-strahlige und die concentrisch-schalige Structur zusammentreffen, verwirklicht (rother und brauner Glaskopf).

Die Ablösung der einzelnen Individuen eines Aggregates erfolgt zuweilen nach ganz ebenen, oft spiegelglatten Flächen. Solche Scheinflächen, wie sie z. B. bei den Glasköpfen, bei strahligen Aragoniten etc. auftreten, dürfen nicht mit wahren Krystallflächen verwechselt werden.

Sinken die einzelnen Individuen, gleichviel welche der oben erwähnten Structurmodificationen vorliegt, zu solcher Kleinheit herab, dass das Auge sie nicht mehr unterscheidet, so nennt man ein solches Aggregat dicht, oder man bezeichnet es als kryptokrystallines Aggregat im Gegensatz zu den phanerokrystallinen, wird dasselbe von Hohlräumen unterbrochen, so heisst es porös, schaumig, schwammig, zellig; ist der Zusammenhang gering, so zerreiblich, locker.

Wohl die meisten Mineralien liefern Beispiele zu den krystallinen Aggregaten und zu deren Oberflächengestaltung wie Structurmodification, sodass wir einer besonderen Erwähnung überhoben sind. Dagegen verdienen als ganz besondere und charakteristische krystalline Aggregate die Pseudomorphosen auch an dieser Stelle Erwähnung, die bei typischer Aggregatstructur deutliche, oft sehr scharfe Krystallbegrenzung erkennen lassen. Doch ist diese Begrenzung eine erborgte, der Substanz als solcher nicht zukommend. Eingehenderes über die Pseudomorphosen s. später.

III. Die Formen der amorphen Mineralien.

Ueber die Morphologie der amorphen Mineralien ist wenig zu sagen. Soweit sie starr sind, gilt von ihrer äusseren Form alles das, was in dieser Beziehung von den krystallinen Aggregaten erwähnt ist: sie erscheinen bei freier Ausbildung kugelig, halbkugelig, traubig, nierig und stalaktitisch. Auf dem Bruch ist jedoch niemals eine besondere, faserige oder körnige Structur ausgeprägt, wie dies häufig bei den krystallinen Aggregaten der Fall ist, sondern ihr Bruch ist meist ausgezeichnet muschlig mit pechartigem oder glasigem Glanz. Auch feinerdiger Bruch kommt vor.

Im Allgemeinen hält es nicht schwer, nach dem äusseren Ansehen amorphe Mineralien von dichten krystallinen Aggregaten zu unterscheiden; wo Zweifel bleiben, liefert die optische Untersuchung im polarisirten Licht die Entscheidung.

Amorphe Substanzen gehen aus wässeriger Lösung und aus dem Schmelzfluss hervor. Im ersten Fall heissen sie porodin, im anderen

hyalin. Die in Betracht kommenden hyalinen Substanzen schliesst man aber ihrer wechselnden chemischen Zusammensetzung wegen besser vom Mineralreich aus und rechnet sie, wohin sie ihrer ganzen Natur nach auch gehören, zu den Gesteinen, wie z. B. den Obsidian.

Amorphe starre Mineralien können sich bei längerem Liegen in krystalline Aggregate verwandeln, was darauf beruht, dass die im amorphen Körper regellos angeordneten Moleküle sich zu regelmässig angeordneten Gruppen umstellen. Dafür liefert mancher Opal, der in Chalcedon überzugehen vermag, ein Beispiel.

II. Abschnitt.

Physik der Mineralien.

Literatur. SCHRAUF, Lehrbuch der physikalischen Krystallographie. 2 Bde. Wien 1866 u. 1868. — LIEBISCH, Artikel „Krystallographie“ in FEHLING's Neuem Handwörterbuch der Chemie. Bd. III. 1878. — MALLARD, Traité de Cristallographie. Bd. II. Paris 1884. — LIEBISCH, Physikalische Krystallographie. Leipzig 1891. — SORET, Eléments de cristallographie physique. Paris 1893. — GROTH, Physikalische Krystallographie. 3. Aufl. Leipzig 1895. — LIEBISCH, Grundriss der physikalischen Krystallographie. Leipzig 1896. — VOIGT, Die fundamentalen physikalischen Eigenschaften der Krystalle etc. Leipzig 1896. — Ausserdem die ausführlichen Lehrbücher der Physik, wie MÜLLER-POUILLET, WÜLLNER etc. und VOIGT, Compendium der theoretischen Physik. Leipzig 1895 u. 1896.

Wie im voraufgehenden Abschnitt, so wäre auch hier eine getrennte Darstellung der physikalischen Eigenschaften der Krystalle und der der Aggregate wie der amorphen Mineralien begründet, doch hat eine solche Trennung hier nicht die Bedeutung wie bei den morphologischen Eigenschaften und ist deshalb nicht besonders durchgeführt worden. In den meisten Fällen verhalten sich die Aggregate physikalisch wie die sie aufbauenden Krystallpartikel; wo Abweichungen vorkommen (z. B. Bruch, Härte, Farbe etc.), ist deren anhangsweise gedacht. Die folgenden Capitel dieses Abschnittes beschäftigen sich daher im Wesentlichen mit der Physik der Krystalle.

Die Mineralphysik sieht naturgemäss ihre Aufgabe in der Erforschung aller physikalischen Eigenschaften der Mineralien unter besonderer Berücksichtigung derjenigen, die zur Charakterisirung und Unterscheidung der einzelnen Mineralien dienen; die Krystallphysik legt daneben noch besonderes Gewicht auf die Feststellung der Gesetze, welche zwischen den physikalischen Eigenschaften der Krystalle und ihrer Gestalt wie ihrer chemischen Constitution herrschen.

Wie die Erfahrung gelehrt hat, stehen die physikalischen Eigenschaften eines Krystalls in engstem Zusammenhang mit denen der Krystallgestalt, sodass aus der Beobachtung der physikalischen Eigenschaften ein die geometrische Untersuchung in vielen Fällen an Sicherheit übertreffender Rückschluss auf die krystallographische Symmetrie gezogen werden kann.

Die enge Beziehung zwischen physikalischer Eigenschaft und Form findet sich in dem Fundamentalsatz der physikalischen Krystallographie

ausgesprochen, wonach alle geometrischen Symmetrieebenen auch physikalische sind.

In Krystallen sind nach Früherem (S. 6) die physikalischen Eigenschaften in parallelen Richtungen gleich; mit Rücksicht auf vorstehenden Fundamentalsatz kann man dies Charakteristikum dahin erweitern, dass alle geometrisch gleichwerthigen Richtungen sich auch physikalisch gleich verhalten.

Die Umkehrung dieses Satzes gilt jedoch nicht für sämmtliche physikalische Eigenschaften, sondern nur für einen Theil, sodass man mit Rücksicht auf dieses verschiedene Verhalten und in Anschluss an SOHNCKE [1]) die physikalischen Eigenschaften in 2 Gruppen theilen kann, je nachdem für sie eine Umkehrung dieses Satzes zulässig ist oder nicht.

Für die erste Gruppe von Eigenschaften, zu der die Cohäsion und die davon abhängigen Eigenschaften (Härte, Spaltbarkeit, Elasticität), ferner auch Pyro- und Piëzoelektricität und vor allem die Vorgänge des Wachsthums und der Auflösung gehören, ist auch die Umkehrung richtig: alle physikalisch gleichwerthigen Richtungen sind auch geometrisch gleichwerthig.

Da Substanzen, die in verschiedenen Richtungen ungleiches physikalisches Verhalten zeigen, anisotrop genannt werden, so sind mit Bezug auf diese erste Gruppe physikalischer Eigenschaften alle krystallisirten Mineralien anisotrop und unterscheiden sich dadurch grundsätzlich von allen amorphen Körpern, die isotrop, d. h. in allen Richtungen physikalisch gleich sind.

Bei den Eigenschaften der zweiten Gruppe (Licht, Wärme, strömende Elektricität etc.) sind die physikalisch gleichwerthigen Richtungen nicht durchgängig auf geometrisch gleichwerthige Richtungen beschränkt; so verhalten sich sämmtliche Richtungen in regulären Krystallen physikalisch gleich. In dieser Gruppe kann man die krystallisirten Mineralien in isotrope und anisotrope unterscheiden.

Namentlich die physikalischen Eigenschaften der ersten Gruppe, bei denen jede geometrisch verschiedene Richtung sich in verschiedenem physikalischen Verhalten ausprägt, gestatten bis ins Einzelne die Ableitung der krystallographischen Symmetrie. Bei der Betrachtung der Krystallformen ist wiederholt darauf hingewiesen worden, wie die Aetzfiguren, die als Lösungsvorgänge dieser Gruppe angehören, geeignet sind, die Symmetrie eines Krystalls da festzustellen, wo die geometrische Untersuchung versagt. Für die praktischen Zwecke der Mineralogie aber, wo es zumeist nicht auf die scharfe Unterscheidung aller 32 Symmetrieklassen ankommt, sondern die Unterscheidung des Krystallsystems schon

---

[1]) SOHNCKE, Entwicklung einer Theorie der Krystallstr. 1879. S. 211 ff.

genügt, bedient man sich mit Vorliebe der bequemer zu beobachtenden Eigenschaften der zweiten Gruppe, vor allen des optischen Verhaltens, um aus demselben einen Schluss auf das Krystallsystem zu ziehen.

Der erste, der einen Zusammenhang zwischen Form und Eigenschaft erkannte, war Brewster, der 1819 die Beziehung zwischen den Spaltungsformen eines Minerales und dem optischen Verhalten feststellte.

Capitel I.

§ 1. Das specifische Gewicht. § 2. Deformation. § 3. Elasticität. § 4. Festigkeit. § 5. Spaltung. § 6. Gleitung. § 7. Bruch. § 8. Lösungserscheinungen und Aetzfiguren.

§ 1. Das specifische Gewicht. — Unter specifischem Gewicht oder Dichtigkeit versteht man bekanntlich eine Zahl, die ausdrückt, wie viel schwerer ein Körper ist als das gleiche Volum Wasser (von 4,1° C.); es ist also der Quotient aus dem Gewicht des Körpers dividirt durch das Gewicht eines gleichen Volum Wassers. Das specifische Gewicht ist bei bestimmten Temperaturen für alle homogenen Substanzen und somit auch für das einzelne Mineral, soweit es chemisch gleichartig ist, eine constante Zahl; es liefert daher für die Mineralien ein überaus wichtiges Kennzeichen. Doch ist zu bemerken, dass dieselbe Mineralsubstanz im natürlichen krystallisirten Zustand durchweg ein etwas höheres specifisches Gewicht aufweist, als wenn sie durch Schmelzen künstlich in den amorphen Zustand versetzt ist; so hat beispielsweise der krystallisirte Adular vom St. Gotthard das spec. Gew. 2,561, geschmolzen 2,351, Augit von Guadeloupe krystallinisch 3,266, geschmolzen 2,835 etc.

Eine systematische Zusammenstellung des specifischen Gewichts der Mineralien findet sich bei Websky, die Mineralspecies nach den für das specifische Gewicht derselben angenommenen und gefundenen Werthen. Breslau 1868.

Die schwersten Mineralien sind die im gediegenen Zustande vorkommenden Schwermetalle, vor allem Iridium 21,57—23,46, Platin 17—19, Gold 15,6—19,4, die leichtesten sind die aus dem organischen Reich stammenden Mineralien, wie Petroleum 0,6—0,9, Asphalt 1,1—1,2, Bernstein 1—1,1. — Die Erze haben ein specifisches Gewicht zwischen 4 und 7,5, während die Begleitmineralien durchweg zwischen 2 und 3,5 liegen. Darauf beruht die Aufbereitung, d. h. die mechanische Trennung der Erze von ihren Begleitmineralien. — Von geologischer Bedeutung ist es, dass diejenigen Mineralien, die sich vor allen anderen am Aufbau der Erdrinde betheiligen, wie Quarz, die Silikate, Kalkspath, nur ein specifisches Gewicht zwischen 2½ und 3½ besitzen, während das specifische Gewicht der gesammten Erde 5,6 (Poynting 5,49, Jolly 5,69, Wilsing 5,59) beträgt, d. h. es ist etwas mehr als das des Magneteisens.

Als charakteristisches und in den meisten Fällen relativ leicht feststellbares Merkmal der Mineralien, gehört die Bestimmung des specifischen Gewichts zu den häufigen Aufgaben des Mineralogen. Auch kann das

specifische Gewicht zur Controle der homogenen Beschaffenheit eines Minerales dienen. Bei der Auswahl des zu prüfenden Minerales hat man auf absolute Reinheit der Substanz, die frei von allen Beimengungen, auch von eingeschlossener oder äusserlich anhaftender Luft sein muss, Gewicht zu legen; man nimmt dazu am besten zerkleinerte Krystalle, die man mit der Lupe aussucht und von der anhaftenden Luft durch Kochen befreit.

Die gebräuchlichsten Bestimmungsmethoden sind:

1. Bestimmung mittelst der hydrostatischen Wage.

Die Substanz wird in der Luft und sodann an einem Faden aufgehängt (Platindraht) auch im Wasser gewogen. Sind g und g_1 die in beiden Wägungen gefundenen Gewichte, so ist das spec. Gew. $G = \frac{g}{g - g_1}$.

Substanzen, die leichter als Wasser sind, kann man mit einem specifisch schwereren Körper, dessen Gewicht man kennt, verbinden.

2. mittelst des Pyknometers.

Dieser Methode gebührt wegen der bequemen Ausführung und der genauen Resultate der Vorzug.

Ein kleines Glasgefäss (5—20 ccm Inhalt) trägt einen eingeschliffenen, nach oben verlängerten und von einem feinen Canal durchbohrten Glasstopfen, wodurch eine genaue Auffüllung des Gefässes ermöglicht wird. Das Gewicht des Pyknometers plus Wasser wird ermittelt oder ist ein für alle Mal genau bestimmt ($= p$). Alsdann wird die gröblich zerstossene Substanz, deren absolutes Gewicht $= g$ sein möge, hineingethan, das Wasser wieder bis oben hin eingefüllt und nun das Pyknometer inclusive Inhalt gewogen ($= q$); dann ist das spec. Gew. $G = \frac{g}{p + g - q}$.

Nach dieser Methode kann man auch bequem das specifische Gewicht von Mineralien bestimmen, die in Wasser löslich sind. Man benutzt alsdann statt Wasser eine entsprechende nicht lösende Flüssigkeit (Alkohol, Baumöl) von bekanntem specifischem Gewicht.

3. mittelst Suspension oder schwerer Lösungen.

Die Methode beruht darauf, dass die Bestimmung des specifischen Gewichts einer Mineralsubstanz zurückgeführt wird auf diejenige einer specifisch gleich schweren Flüssigkeit, was ohne analytische Wage und schneller, wenn auch etwas weniger genau, ausführbar ist. Daneben hat sie noch mehrere andere, gerade für Mineralien ins Gewicht fallende Vortheile, aber sie ist zunächst nur anwendbar auf Mineralien vom specifischen Gewicht unter 3,6.

Das Mineral, in jeder Grösse bis herunter zu der eines Sandkorns, wird in die betreffende Flüssigkeit von hohem specifischem Gewicht gethan, sodass es auf derselben schwimmt. Durch allmähliche und vorsichtige Verdünnung kann man nun den Zustand herbeiführen, dass das Mineralfragment innerhalb der Flüssigkeit in jeder Lage schwimmt, d. h. die Flüssigkeit hat nunmehr genau das specifische Gewicht des Minerals und es erübrigt nur noch, das specifische Gewicht der Flüssigkeit festzustellen.

Als solche schweren Lösungen stehen in Anwendung: Kaliumquecksilberjodid (Thoulet'sche Lösung, zuerst angegeben von Sonstadt 1873) mit dem Maximalgewicht 3,196, Cadmiumborowolframiat (Klein'sche Lösung) mit 3,298 max., Baryum-

quecksilberjodid (nach ROHRBACH) 3,57, Methylenjodid (nach FEUSSNER und BRAUNS) mit 3,3.

Am bequemsten ist die Anwendung der THOULET'schen Lösung und des Methylenjodids. Erstere kann direct mit Wasser verdünnt und durch Abdampfen regenerirt werden. Beim Methylenjodid muss man mit Benzol oder Xylol mischen, das sich dann aber wieder abdestilliren lässt; es hat das höhere Gewicht, das sich aber schon bei gewöhnlichen Temperaturen in der zweiten Decimale ändert (bei 5° = 3,5485, bei 16° = 3,3243).

Das mit dem Mineral in Uebereinstimmung gebrachte specifische Gewicht der Flüssigkeit wird dann in üblicher Weise festgestellt, mittelst des Pyknometers oder am schnellsten mit dem Aräometer, besser noch mit der MOHR-WESTPHAL'schen Wage: einer ungleicharmigen Wage, deren längerer Arm ein constantes Gewicht trägt, welches in die Flüssigkeit taucht. Die Wage ist so abgeglichen, dass beim Hineinhängen des Gewichts in Wasser der am kürzeren Arm befindliche Zeiger auf Null einspielt. Die durch den Auftrieb in der schweren Lösung bewirkte Abweichung von der Nullstellung wird mittelst Reitergewichte, die dem längeren Arm aufgesetzt werden und die unmittelbar das specifische Gewicht der Lösung ergeben, wieder compensirt.

Die Suspensionsmethode kann zunächst nur Anwendung auf solche Mineralien finden, für welche es specifisch schwerere Lösungen giebt. Das gilt namentlich für die wesentlichen Gesteinsgemengtheile und daher hat diese Methode in der Petrographie eine ausserordentliche Wichtigkeit erlangt, weil sie nicht nur das Merkmal des specifischen Gewichts bestimmen lässt, sondern auch eine Trennung der einzelnen Gemengtheile nach dem specifischen Gewicht gestattet, und dadurch die chemische Untersuchung der Gesteinsmineralien in hohem Grade erleichtert.

Um diese Methode auch für diejenigen Mineralien nutzbar zu machen, deren specifisches Gewicht grösser ist als das der bis jetzt bekannten schweren Lösungen, sind von THOULET, von JOLLY und von STRENG Vorschläge gemacht, nach welchen das Mineral mit einem leichteren Körper verbunden wird (Schwimmer von Wachs, Paraffin und Glas).

Für alle Zwecke, bei denen nur die annähernde Kenntniss des specifischen Gewichts zur Unterscheidung von ähnlichen Mineralien genügt, kann man sich noch einfacherer Verfahren bedienen, so der NICHOLSON'schen Senkwage und

4. mittelst der Bürette.

Der beliebige Wasserstand in der Bürette wird abgelesen (= a ccm); durch Hineinthun der b g wiegenden Mineralsubstanz steigt das Wasser auf c ccm, dann ist das spec. Gew. $G = \frac{b}{c - a}$.

5. mittelst JOLLY's Federwage.

Hier fällt jegliche Wägung auf der Analysenwage fort. Das Verfahren beruht darauf, dass die Verlängerung einer Spiralfeder proportional den Aenderungen der spannenden Gewichte ist. An einem etwa meterlangen graduirten Stativ hängt freischwebend eine Spiralfeder, die an ihrem unteren Ende 2 zur Aufnahme des Minerals bestimmte Schalen, ausserdem eine Ablesungsmarke trägt. Die obere Schale bleibt in der Luft, die untere ist während der ganzen Bestimmung in einem Wasserglas, das man hoch und niedrig stellen kann, unter Wasser getaucht. Man hat 3 Ablesungen zu machen: Ablesung der Länge der Spiralfeder ohne Belastung durch das

Mineral = a; Ablesung der Verlängerung, wenn das Mineral in der oberen Schale liegt = b, und Ablesung, wenn das Mineral in der unteren Schale, also unter Wasser liegt. Das spec. Gew. $G = \frac{b-a}{b-c}$.

Wichtigere Literatur: KOHLRAUSCH, Praktische Regeln zur genaueren Best. d. spec. Gew. Marburg 1856. — THOULET, Bull. Soc. Min. Bd. II. 1879. — D. KLEIN, Bull. Soc. Min. Bd. IV. 1881. — GOLDSCHMIDT, Neues Jahrb. f. Min. etc. Beilageband I. 1881. — KOHLRAUSCH, Leitfaden der praktischen Physik. Leipzig. — WIEDEMANN u. EBERT, Physikalisches Praktikum. Braunschweig 1899.

§ 2. Die Moleküle eines jeden starren Körpers sind bestrebt, ihren gegenseitigen Abstand zu erhalten, und setzen jedem Versuch, diesen Abstand zu verändern, einen Widerstand entgegen, den man ganz allgemein als Cohäsion bezeichnet. Als Folge des Eingriffs in die Molekularstructur erleiden die Körper eine Volum-, bezw. Formveränderung, eine Deformation, die in den Fällen, wo die äussere Einwirkung auf einen homogenen Körper, einen Krystall, eine allseitig gleiche ist, wie bei der Ausdehnung durch die Wärme, die Homogenität nicht aufhebt und daher homogene Deformation genannt wird.

Die homogene Deformation wird zwar stets von einer Volumveränderung, jedoch nicht immer von einer Formveränderung begleitet, da die Symmetrie des Krystalls selbst keine Aenderung erfährt. Auf Grund der gesetzmässigen Formänderung, die die Krystalle durch homogene Deformation erleiden, lassen sich die 32 Symmetrieklassen zu 5 Gruppen vereinigen, die bei der thermischen Ausdehnung (vergl. Cap. VII), der gewöhnlichsten Art homogener Deformation, des Näheren besprochen werden sollen.

Die durch mechanische Kräfte, wie Druck, Zug, Torsion, bewirkten Deformationen sind im Allgemeinen nicht homogen; sie rufen in dem molekularen Abstande einseitige oder ungleichmässige Veränderungen hervor, die theils vorübergehender, theils dauernder Natur sind.

Bei jeder Deformation werden die Eigenschaften der Elasticität und der Festigkeit wirksam, je nachdem der mechanische Eingriff eine vorübergehende Formveränderung oder eine völlige Trennung herbeiführt.

§ 3. Elasticität ist die Eigenschaft, vermöge welcher ein Körper, ohne seinen Zusammenhang zu verlieren, deformirt werden kann, aber nach Aufhören der Kraftwirkung seine alte Form wieder annimmt. Wird die sogen. Elasticitätsgrenze überschritten, so erfolgt entweder dauernde Deformation oder Zerstörung des Zusammenhalts. Innerhalb der Elasticitätsgrenze sind alle Körper bezw. Mineralien vollkommen elastisch, aber diese Grenze ist bald enger, bald weiter gezogen, so dass in der Praxis nur wenige Mineralien als elastisch bezeichnet werden.

Am bequemsten prüft man die grössere oder geringere Elasticität der Mineralien an dünnen Krystallplatten (Spalttafeln und Blättchen) durch Biegen derselben. An Glimmertafeln ist die elastische Biegsamkeit ziemlich gross, an Gyps, Talk und Chlorit ist sie geringer. Manche Mineralien überschreiten die Elasticitätsgrenze plötzlich und heissen dann *spröde*, wie gediegenes Antimon, Quarz, Fahlerz, während andere sich erst dauernd deformiren lassen und allmählich ihren Zusammenhalt aufgeben. Diese heissen *gemeinbiegsam* oder *milde*, und unter besonderen Verhältnissen *dehnbar*, *geschmeidig*. Hierher gehören gediegenes Gold, Silber, Kupfer; ferner Kupfer- und Silberglanz, Chlorsilber, Gyps u. a.

Spröde und milde Beschaffenheit kann häufig ein wichtiges Unterscheidungsmittel von sonst ähnlichen Mineralien werden. Kratzt man eine Mineralecke oder Kante mit dem Messer und bleiben dabei die sich loslösenden Theile in Form feinen Pulvers oder kurzer Spähnchen auf der Messerklinge liegen, so ist das Mineral milde; springen dagegen vom Mineral Körnchen oder feine Splitter ab, so ist es spröde. Man gewinnt sehr bald Uebung in der Unterscheidung verschiedener Grade von Milde und Sprödigkeit. Kupferglanz und dunkles Fahlerz sind einander zuweilen sehr ähnlich, sind aber in der angegebenen Weise sofort zu unterscheiden. Kupferglanz ist milde, während Fahlerz spröde ist.

Hinsichtlich ihrer elastischen Eigenschaften verhalten sich alle Krystalle im Gegensatz zu den amorphen Mineralien anisotrop, die Grösse der Elasticität ändert sich also mit jeder geometrisch verschiedenen Richtung. Zur Beurtheilung der Gesetzmässigkeit in der Aenderung der Elasticität mit der Richtung dienen die Dehnungscoefficienten bezw. die aus denselben durch Auftragen ihrer relativen Werthe auf die Richtungslinien zu construirende *Oberfläche der Dehnungscoefficienten*. Nach der Symmetrie dieser Oberflächen zerfallen die Krystalle in 9 Klassen.

Der Dehnungscoefficient giebt die Verlängerung eines 1-Meterstabes von 1 qmm Querschnitt an, die dieser durch den Zug von 1 kg erfährt; daraus berechnet sich als reciproker Werth der *Dehnungswiderstand* oder *Elasticitätsmodul*, d. h. diejenige Anzahl Kilogramm, durch die der Stab auf 2 m, also auf seine doppelte Länge ausgedehnt wird. So ist nach Voigt für die nachstehenden 4 regulären Krystalle der Elasticitätsmodul in den Richtungen senkrecht zu den Oktaeder-, Rhombendodekaeder- und Würfelflächen, d. h. in der Richtung der 3-, 2- und 4-zähligen Symmetrieaxen.

für Steinsalz . . .	3300 kg,	3490 kg,	4187 kg pro qmm,
„ Sylvin	1695 „	1960 „	3720 „ „ „
„ Flussspath . . .	9100 „	10080 „	1473 „ „ „
„ Pyrit	23300 „	25600 „	35700 „ „ „

Für den rhombischen Baryt gelten in den Richtungen der 3 Symmetrieaxen die Werthe 6199 kg, 5403 kg, 9594 kg, entsprechend für den rhombischen Topas 23040 kg, 28900 kg, 26520 kg.

Dass die Elasticität in verschiedenen Richtungen eines Krystalls verschieden ist, hat zuerst SAVART 1829 durch Beobachtung von Klangfiguren auf Platten von Quarz, Kalkspath und Gyps nachgewiesen. — Zur Bestimmung des Elasticitätsmoduls wird die elastische Biegung benutzt. Ein Prisma des zu untersuchenden Minerals wird auf 2 Schneiden gelegt und in der Mitte durch Gewichte belastet. Die Grösse der Durchbiegung gestattet einen Schluss auf die Grösse des Dehnungscoefficienten.

Ganz etwas anderes als die Elasticität der Krystalle eines Minerals ist die sogen. Elasticität seiner krystallinischen Aggregate. Diese hängt viel mehr von der Adhäsion als von der Cohäsion ab; körnige oder faserige, gross- und kleinkörnige Structur sprechen mit, so dass die zahlenmässige Angabe der Elasticität eines mineralischen Aggregats einen sehr schwankenden Werth hat. Für bestimmte Structurausbildungen hat aber die Feststellung dieses Werthes eine hohe technische Bedeutung, z. B. bei Baumaterialien. Amorphe homogene Mineralien haben in allen Richtungen gleiche Elasticität.

§ 4. Festigkeit ist der Widerstand, den ein Körper der Trennung seiner Theile entgegenstellt. Die Festigkeit wird geprüft durch die Grösse des Druckes, Zuges oder der Torsion, die zur Trennung der Theile erforderlich wird. An Krystallen vorgenommene Messungen lehren, dass die Festigkeit wiederum in engster Abhängigkeit von der krystallographischen Symmetrie steht. Für die Praxis der Mineralogie sind nun nicht so sehr Angaben über die Zug- und Druckfestigkeit von Werth, als solche der Härte, worunter man die Festigkeit versteht, die ein Mineral dem Eindringen eines spitzen Gegenstandes, insbesondere beim Ritzen entgegenstellt. Die Härte ist zwar keine einfache Festigkeitsäusserung, aber sie lässt eine bequeme Vergleichung und damit Unterscheidung der Mineralien zu, wie sie auch die Abhängigkeit ihrer Grösse von den krystallographischen Richtungen in der auffälligsten Weise zum Ausdruck bringt.

Wo die Härte nur als Erkennungsmittel von Mineralien dient, sieht man von den meist nur durch feinere Messungen festzustellenden Härtenunterschieden in verschiedenen Richtungen ab und begnügt sich mit einer mittleren Härte, die jedoch nicht durch absolute, sondern durch relative Zahlen, d. h. durch Vergleich mit den Mineralien der MOHS'schen Härteskala ausgedrückt wird. Nach MOHS' Festsetzung hat

Talk . . . . . . den Härtegrad oder die Härte 1
Gyps . . . . . „ „ „ „ „ 2
Kalkspath . . . . „ „ „ „ „ 3
Flussspath . . . . „ „ „ „ „ 4

Apatit	den Härtegrad oder die Härte	5
Feldspath	„ „ „ „ „	6
Quarz	„ „ „ „ „	7
Topas	„ „ „ „ „	8
Korund	„ „ „ „ „	9
Diamant	„ „ „ „ „	10

Alle übrigen Mineralien passen sich dieser Härteskala ein; ihre Härte liegt zwischen 1 und 10 und lässt sich in folgender Weise bestimmen: Die zu untersuchenden Mineralien wie die der Härteskala liegen möglichst in scharfkantigen oder eckigen und wenigstens zum Theil in ebenflächigen Stücken vor. Sobald sie eins der Skalamineralien nicht ritzen, aber von diesem auch nicht wieder geritzt werden, haben beide gleiche Härte. Ritzt das fragliche Mineral eins der Skala, wird aber von dem nächst härteren wieder geritzt, so liegt seine Härte dazwischen, z. B. da der Skapolith den Apatit ritzt, aber vom Feldspath geritzt wird, so hat der Skapolith die Härte $5\frac{1}{2}$.

In der mineralogischen Praxis kann man zur Bestimmung des Härtegrades bei einiger Uebung die Skalamineralien ganz entbehren. Mit Hülfe des Messers oder der Feile kann man alle Härtegrade von 1—7 unterscheiden. Sonst berücksichtigt man, dass Mineralien bis H. 2 inclusive vom Fingernagel geritzt werden. Eine Kupfermünze hat H. 3, Fensterglas 5. Mineralien, die vor dem Stahl funken, sind härter als 6. — Bei Mineralaggregaten muss man den stärkeren oder loseren Zusammenhalt beachten, wodurch scheinbar den Aggregaten eines Minerals häufig eine weit geringere Härte zukommt als seinen Krystallen.

Wo an die Härtebestimmung grössere Anforderungen, namentlich die des Nachweises der Abhängigkeit von der krystallographischen Richtung gestellt werden, bedarf es genauerer Instrumente. Von Seebeck wurde 1833 ein Sklerometer construirt, das im Princip aus einem gleicharmigen Hebel besteht, dessen eine Seite einen verticalen Stahlstift (oder eine Diamantspitze) trägt, welcher durch aufgelegte Gewichte belastet werden kann. Unter dem Stahlstift wird das auf einem Wagen befestigte Mineral in der zu untersuchenden Richtung horizontal fortgeschoben, nachdem die Stahlspitze derart belastet ist, dass sie einen feinen Riss erzeugt. Die Gewichte ergeben unmittelbar die Härte.

Schon früher war bekannt, dass Mineralien auf den Spaltflächen geringere Härte zeigen als auf anderen Flächen (der Diamant ist auf seiner Spaltfläche nach dem Oktaeder viel weniger hart als auf den Würfelflächen), ebenso wusste man, dass in verschiedenen Richtungen einer und derselben Krystallfläche Härteunterschiede sich bemerkbar machen. (Der Disthen hat auf seiner Spaltfläche parallel der Verticalaxe H. $4\frac{1}{2}$, senkrecht dazu H. 7.) Durch die Untersuchungen mit dem Sklerometer, wie sie Seebeck, Franz, Grailich, Pekarek und ferner Exner durchführten, wurde dieses Verhalten nun schärfer erkannt. Die wichtigsten Resultate sind: Härteunterschiede zeigen sich nur an deutlich spaltbaren Mineralien; auf den Spaltflächen ist die Härte am geringsten, auf Flächen senkrecht zur Spaltfläche am grössten.

Auf einer und derselben Fläche findet sich das Härtemaximum in der Richtung senkrecht zu einem durchsetzenden Spaltriss, das Minimum parallel dazu.

Die auf einer und derselben Fläche vorhandenen Härteunterschiede hat man durch Härtekurven, deren Radien proportional den zum Ritzen erforderlichen Gewichten gemacht wurden, graphisch darzustellen versucht, aus welchen Kurven sich ergiebt, dass deren Symmetrie der der geritzten Fläche entspricht, im Uebrigen aber deren Aussehen sehr verschieden sein kann (Kreise, Ellipsen, eingebuchtete Figuren).

Die Festigkeit ist somit in den verschiedenen Richtungen eines Krystalls verschieden. Sind diese Richtungsunterschiede beträchtlich, so muss die mechanische Zertrümmerung in einzelnen Richtungen wesentlich leichter vor sich gehen und als Folge der leichteren Trennung der Theile müssen senkrecht auf den Richtungen der geringeren Cohäsion ebene Trennungsflächen entstehen. Sonach hängt es von den Cohäsionsunterschieden ab, ob ein Krystall bei mechanischen Eingriffen sich nach ebenen Flächen oder nach einer unebenen Bruchfläche trennt.

Die ebenen Trennungsflächen können immer nur mögliche Krystallflächen sein und die Trennung muss in gleicher Weise nach allen Flächen der zugehörigen einfachen Krystallform erfolgen. Dabei bedingt aber die Art des mechanischen Eingriffs einen merkwürdigen Unterschied. Es entstehen andere Trennungsflächen, je nachdem man den Krystall durch mehr oder minder heftigen Schlag oder durch langsam wirkenden Druck zu trennen sucht. Die Trennungsflächen erster Art heissen Spaltflächen, die letzterer Art Druck- oder Gleitflächen und man hat die beiden Cohäsionsäusserungen als Spaltung und Gleitung von einander zu unterscheiden.

§ 5. Spaltung. Ein Krystall ist also nur dann nach ebenen Flächen spaltbar, wenn in verschiedenen Richtungen grosse Cohäsionsunterschiede vorhanden sind und die Spaltflächen, die man mittelst des Messers, Meissels oder Hammers erzeugt, sind um so vollkommener, je auffälliger die Cohäsionsunterschiede in bestimmten Richtungen sind. Die Spaltflächen lassen sich nicht nur in allen gleichwerthigen Richtungen mit gleicher Leichtigkeit und in gleicher Beschaffenheit erzeugen, sondern die jedesmal einer einfachen Krystallform entsprechende Spaltform hat zugleich die einfachsten Indices, so dass sie nach der Auffassung der älteren Mineralogen die Primitivform lieferte. So nimmt man auch bei der Symbolisirung der Krystallflächen Bedacht darauf, dass man von vornherein der Spaltfläche einfache Indices beilegt.

Parallel einer vorhandenen Spaltfläche ist die Theilbarkeit theoretisch unbegrenzt; doch lassen sich in der Praxis die Spaltlamellen nur dann sehr dünn erhalten, wenn die Spaltbarkeit gleichzeitig eine sehr vollkommene ist.

Sind an einem Krystall nach verschiedenen Richtungen mehrere auffällige Cohäsionsminima vorhanden, so ist auch die physikalische Beschaffenheit der Spaltflächen verschieden.

Glimmer und Gyps lassen eine fast unbegrenzte Spaltbarkeit zu, die nur an der Unvollkommenheit der Spaltinstrumente ein Ende findet. Vom Kalkspath sind schon nicht mehr so feine Spaltlamellen abzutrennen und bei noch schwerer spaltenden Krystallen bekommt man nur dicke Platten. — Die 6 Flächen der rhomboedrischen Spaltform des Kalkspaths sind physikalisch völlig gleich, andererseits ist man z. B. im Stande, aus dem dreifach verschiedenen Blätterbruch der rectangulären Spaltungsform des Anhydrits auf das rhombische System zu schliessen, weil dieselbe mit Bestimmtheit auf die Combination der 3 Pinakoide hinweist, während aus der morphologischen Betrachtung allein ein solches Stück auch der Symmetrie des regulären und tetragonalen Systems genügen würde.

Nach dem Grade der Spaltbarkeit, der sich für das Auge in der Beschaffenheit der Spaltfläche (schilfrig, treppenförmig absetzend etc.) und namentlich im Glanz (perlmutterartig, glasartig, seidenartig glänzend) ausdrückt, unterscheidet man den Blätterbruch als: vollkommen in verschiedenen Abstufungen (Glimmer, Gyps, Bleiglanz, Topas, Flussspath), deutlich, unvollkommen, in Spuren etc.

Nach der Orientirung der Spaltflächen resp. den Spaltungsformen unterscheidet man: oktaedrischen Bruch (Flussspath), Würfelbruch (Bleiglanz, Steinsalz), Dodekaederbruch (Blende), Rhomboederbruch (Calcit), basischer und pinakoidaler Bruch (Topas, Gyps, Glimmer).

Wo die einfache Form eine geschlossene ist, ist auch die jedesmalige Spaltform ringsum von gleichwerthigen Spaltflächen begrenzt; sonst werden zur Abgrenzung noch unebene Bruchflächen nöthig.

Als allgemeines Gesetz kann es gelten, dass der Grad und die Orientirung der Spaltflächen bei allen Mineralien derselben Art, ob sonst Fundort, Genesis, äussere Begrenzung etc. verschieden sind, constant bleiben. Dadurch wird die Spaltbarkeit zu einem der wichtigsten mineralogischen Kennzeichen, dient ferner zur Orientirung an flächenreichen Combinationen (Calcit, Orthoklas) und kann oft mit Nutzen zur Feststellung des Krystallsystems verwendet werden (z. B. können Mineralien mit nur 2 gleichen Blätterbrüchen nicht dem regulären System angehören).

Auch an Aggregaten, wenn sie nicht gerade allzu dicht sind, macht sich die charakteristische Spaltbarkeit der einzelnen Individuen bemerkbar und kann mit Vortheil zur Unterscheidung sonst ähnlicher Mineralien benutzt werden, z. B. unterscheidet sich der strahlige Kalkspath von dem strahligen Aragonit sofort durch die ebenen Spaltflächen seiner Enden.

§ 6. Gleitung. Bekannt ist, dass zwei an einander haftende planparallele Glas- oder Metallplatten sich sehr leicht in der Richtung

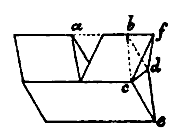
der Adhäsionsfläche verschieben, aber schwer von einander abheben lassen. Eine ähnliche Vorstellung erleichtert das Verständniss für die Eigenthümlichkeit mancher Krystalle, die durch einseitigen, langsam wirkenden Druck parallel einer Fläche verschoben werden können, die nicht der Spaltfläche entspricht. Die Theile des Krystalls gleiten gewissermassen an einer Fläche entlang, ehe sie sich vollständig davon ablösen, daher die Bezeichnung Gleitflächen im Gegensatz zu den Spaltflächen, denen sie in ihrer äusseren ebenen Beschaffenheit sonst völlig gleichen. Nicht nur künstlicher Druck erzeugt Trennung der Krystalle nach den Gleitflächen, sondern oftmals auch Gebirgsdruck. Beispielsweise sieht man gar nicht selten auf den Steinsalzlagerstätten nördlich des Harzes neben den hexaedrischen Spaltflächen des Steinsalzes auch eine glatte Ablösung nach der rhombendodekaedrischen Gleitfläche.

Die Kenntniss der Gleitflächen ist erst neueren Datums, daher sind bisher nur relativ wenige Mineralien auf etwaige Gleitung ihrer Krystalle untersucht. Die auffälligsten Beispiele sind: Kalkspath gleitet nach $-\frac{1}{2}R\ \{01\bar{1}2\}$, während er nach dem Hauptrhomboeder $+R\ \{10\bar{1}1\}$ spaltet. Gediegenes Antimon und Wismuth gleiten ebenfalls nach $-\frac{1}{2}R\ \{01\bar{1}2\}$, spalten jedoch nach $oR\ \{0001\}$ und $-2R\ \{02\bar{2}1\}$. Anhydrit gleitet nach einem Prisma, während er nach den 3 Pinakoiden spaltet. Beim Antimonit, beim Diopsid und beim Disthen ist die Basis die Gleitfläche, während diese Mineralien nach dem Verticalprisma bezw. nach der Längsfläche spalten. Korund und Eisenglanz spalten überhaupt nicht, gleiten aber nach der Basis.

Eine bemerkenswerthe Erscheinung ist es, dass die auf der Gleitfläche sich verschiebenden kleinsten Krystalltheilchen vor ihrer völligen Trennung in die Zwillingsstellung zur Gleitfläche einspringen, was verständlich ist, da ja die Zwillingsstellung einer Gleichgewichtslage entspricht. Solche Druckzwillinge, die gewöhnlich nur in Form einzelner oder zahlreich wiederholter Zwillingslamellen auftreten, entstehen sowohl durch künstlichen als auch durch Gebirgsdruck und durch den Druck, der in einem Aggregat beim Auskrystallisiren wirksam gewesen ist. So sind die Kalkspathkörner des Marmors von zahlreichen Zwillingslamellen durchzogen; viele Kalkspathspaltungsstücke sind auf den rhomboedrischen Spaltflächen mit einer feinen Zwillingsriefung parallel der längeren Diagonale bedeckt. Antimonit von Wolfsberg erscheint quer gegliedert. Ueberhaupt dürfte in vielen Fällen die Einschaltung zahlreicher feinster Zwillingslamellen in den verschiedensten Mineralien auf Druckzwillinge nach Gleitflächen zurückzuführen sein.

Wie Baumhauer (1879) gezeigt hat, lässt sich durch ein geeignetes Verfahren sogar ein ganzer Kalkspathkrystall in einen einheitlichen Zwilling umwandeln. Wenn man ein rhomboedrisches Kalkspathspaltungsstück mit der stumpfen Kante auf eine

Fig. 279.



feste Unterlage stützt, so kann man durch gleichmässigen Druck mittelst einer Messerklinge, die man senkrecht auf die stumpfe Gegenkante bei *a* (Fig. 279) wirken lässt, das ursprünglich zwischen *a* und *b* liegende Stück in die Zwillingsstellung schieben. Das Messer dringt ein wie in einen geschmeidigen Körper. Trotz des allmählichen Entstehens ist die Fläche *c d f* vollkommen glatt.

Mit der Gleitung hängt auch zuweilen die wellige Biegung mancher Krystalle zusammen. Gyps, Antimonit, Disthen, Graphit, Glimmer liefern Beispiele.

Die Richtung der Spalt- und Gleitflächen kann man auch als lineare Risse auf den Krystallflächen kenntlich machen. Wenn man auf einen spitzen, in anderen Fällen auf einen stumpfen Stahlstift, der einer Krystallfläche aufgesetzt ist, einen kurzen Schlag, bezw. einen Druck ausübt, so bilden sich auf der Krystallfläche Risse, die bald den Spalt-, bald den Gleitflächen, bald beiden Trennungsflächen parallel laufen. Diese Liniensysteme heissen nach Reusch Schlagfiguren.

Die Schlagfigur auf der Würfelfläche des Steinsalzes bildet einen vierstrahligen Stern und entspricht dem Rhombendodekaeder, also den Gleitflächen; auf der Rhomboederfläche des Kalkspaths bilden sich 2 Risse, die den Rhomboederkanten, d. h. den Spaltflächen parallel laufen, dazwischen aber ein System feiner Sprünge parallel den Gleitflächen. Auf Glimmerplatten sind die entstehenden sechsstrahligen Sterne verschieden orientirt, je nachdem ein kurzer Schlag ausgeführt wird oder mit einem stumpfen Stift gedrückt wird. Ueber die bemerkenswerthen Schlagfiguren des Glimmers vergleiche man den speciellen Theil.

Die äussere Unterscheidung von Spalt- und Gleitflächen ist nicht immer leicht, doch durch das Experiment zu entscheiden; eine Verwechslung mit den natürlichen Krystallflächen ist aber wegen anderer Oberflächenbeschaffenheit durchgängig ausgeschlossen. Neben den Spalt- und Gleitflächen finden sich an manchen Krystallen (Magnetit, Diallag u. a.) noch Absonderungsflächen, nach denen eine vollkommene, durchaus wie Spaltbarkeit erscheinende glatte Ablösung stattfindet. Die Absonderungsflächen treten gewöhnlich nicht bei allen Krystallen derselben Mineralspecies in gleicher Weise auf und haben ihre Ursachen in schaligem, durch Zwillingslamellen oder Interpositionen bedingtem Aufbau.

Literatur über Gleitflächen und Schlagfiguren: Reusch, Pogg. Ann. Bd. 132 u. 136. — Tschermak, Miner. u. petr. Mitth. Bd. 4. 1882. — Mügge, N. Jahrb. f. Min. 1883, 1884, 1886, 1888, 1889, 1894. — Liebisch, Physik. Krystallographie. 1891.

§ 7. Bruch. Wenn die Cohäsion innerhalb eines Krystalls in verschiedenen Richtungen nur wenig von einander abweicht oder wenn die Kraft in einer anderen als der Richtung des Cohäsionsminimums wirkt, so treten bei dem Versuch, einen Krystall zu zerschlagen oder zu zerbrechen, statt der ebenen Spaltflächen irgend wie geartete Bruchflächen auf. Es ist begreiflich, dass an einem Mineral mit ausgezeichneter Spaltbarkeit sich nur selten eine Bruchfläche wird erzeugen lassen; doch beobachtet man zuweilen an dem vollkommen spaltenden Kalkspath einen ausgeprägten muschligen Bruch. Aggregate, soweit sie nicht grobkörnig

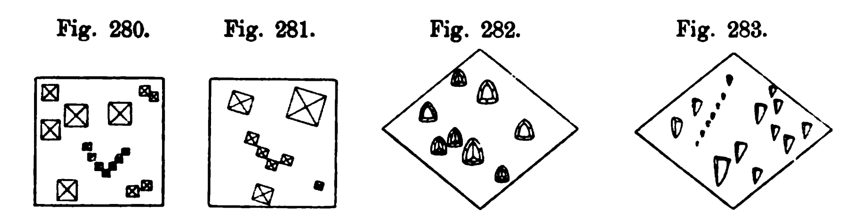
sind, zerbrechen immer nach unregelmässigen Bruchflächen. — Nach der Beschaffenheit der Bruchflächen unterscheidet man den Bruch als: muschlig, eben, uneben, glatt, hakig, splittrig, erdig.

§ 8. Lösungserscheinungen und Aetzfiguren. — Eine besondere, noch mit der Cohäsion zusammenhängende Eigenschaft der Krystalle, insoweit als es sich ebenfalls um die Ueberwindung eines Widerstandes handelt, sind die Erscheinungen, die bei der Auflösung zu Tage treten.

Die Auflösung ist die Umkehrung des Wachsthumsvorganges und erfolgt wie dieser in engster Anlehnung an die krystallographische Symmetrie, d. h. sowohl die Art wie die Geschwindigkeit der Auflösung vollzieht sich in verschiedener Richtung verschieden. Daher sind die Auflösungsvorgänge, die sich am auffälligsten in den charakteristischen Aetzfiguren äussern, ein überaus werthvolles Mittel zur Feststellung der krystallographischen Symmetrie, wenn die rein geometrische Untersuchung Zweifel bestehen lässt, und übertreffen, was Exactheit und Bequemlichkeit anlangt, alle übrigen physikalischen Methoden zur Unterscheidung der 32 Symmetrieklassen.

Die Aetzfiguren sind gewöhnlich Aetzgrübchen, bei intensiverer Einwirkung des Lösungsmittels auch Aetzhügel; sie bilden sich auf den Krystallflächen bei der vorsichtigen Behandlung mit corrodirenden Flüssigkeiten, wie Flusssäure, Salzsäure, Aetzkali, Wasserdampf und anderen dem jedesmaligen Mineral angepassten Lösungsmitteln und besitzen in ihren eigenen Formen wie auch in der Orientirung genau die Symmetrie, die der geätzten Fläche zukommt.

So besitzen die Aetzfiguren auf den Würfelflächen des holoedrischen Steinsalzes 4 Symmetrielinien wie die Würfelflächen selbst und ihre Kanten laufen den Würfelkanten parallel (Fig. 280). Ganz ähnlich sind die Aetzfiguren auf den Würfelflächen des Sylvins; sie sind aber schief zu den Kanten orientirt (Fig. 281); demzufolge kann der Sylvinwürfel nicht holoedrisch sein, er gehört vielmehr der plagiedrischen Hemiedrie an.


Fig. 280. Fig. 281. Fig. 282. Fig. 283.

Ganz ähnliche Unterschiede machen sich geltend auf den Rhomboederflächen des hemiedrischen Kalkspaths und des tetartoedrischen Dolomits (Fig. 282 u. 283). Auf den scheinbar holoedrischen Basisflächen

des Apatits erscheinen die Aetzfiguren gedreht, daher muss der Apatit hemiedrisch sein.

Da eine Fläche eines regulären Oktaeders in der holoedrischen Abtheilung 3 Symmetrielinien hat, so muss eine auf ihr vorhandene Aetzfigur ebenfalls 3 Symmetrielinien besitzen, die den Symmetrielinien der Oktaederfläche parallel laufen; anders ist es bei dem Oktaeder der pentagonalen Hemiedrie; die Aetzfiguren auf den Pyramidenflächen im tetragonalen System müssen monosymmetrisch, im rhombischen System asymmetrisch sein. Zeigen sich auf einer Fläche Figuren mit 4 Symmetrielinien, so kann dieselbe nur dem Würfel des regulären oder der Basis des tetragonalen Systems angehören.

Die angeführten Beispiele lassen vor allem erkennen, wie die geometrisch gleichen Formen verschiedener Symmetrieklassen durch ihre Aetzfiguren unterschieden sind; nicht minder deutlich lässt sich aus den Aetzfiguren die Zwillingsnatur bezw. der mimetische Aufbau eines scheinbar einfachen Krystalls erweisen.

Da die Aetzfiguren nur bei vorsichtiger und kurzer Aetzung mit genügender Schärfe hervorgehen, so sind sie meist von winziger Grösse und bedürfen zu ihrer Betrachtung der Lupe oder des Mikroskops. Dabei kann man entweder direct die geätzten Flächen oder einen mittelst Hausenblase resp. Collodium erzeugten Abdruck untersuchen.

Natürliche Aetzfiguren sind an manchen Krystallen beobachtet worden, Quarz, Kalkspath etc. — Aetzfiguren sind es auch, die beim Verwittern gewisser wasserhaltiger Mineralien auf den Krystallflächen sich durch den stattgehabten Wasserverlust bilden. (Verwitterungs- oder Verstäubungsfiguren.)

Behandelt man anstatt einzelner Flächen ganze Krystalle mit Aetzmitteln, so schreitet in gewissen Richtungen die Auflösung schneller vor als in anderen, beispielsweise werden von den Polkanten einer Quarzpyramide je 3 abwechselnde schneller gelöst als die zwischenliegenden; am Kalkspath schreitet die Auflösung auf den Rhomboederflächen rascher vor als auf der Basis.

Häufig entstehen auch bei der Auflösung ganzer Krystalle an Stelle vorhandener Kanten neue Flächen von matter, mehr oder minder gerundeter Beschaffenheit. Solche Flächen heissen Prärosionsflächen; sie bilden sich auch an Krystallbruchstücken oder an aus Krystallen geschliffenen Kugeln, wenn man diese der Corrosion unterwirft. Auch sie liefern den Beweis der Abhängigkeit der Auflösung von der Richtung. Liegen mehrere Prärosionsflächen in einer Zone, so redet man von Hauptätzzonen.

Am Quarz stumpfen die Prärosionsflächen die abwechselnden Kanten der sechsseitigen Bipyramide ab; am Kalkspathrhomboeder entwickeln sich Skalenoeder u. s. w.

Literatur. Neben vielen Specialarbeiten von Leydolt, Baumhauer, Tschermak, Exner, Becke, Ebner, Hamberg, Molengraaff die zusammenfassende Schrift: Baumhauer, Die Resultate der Aetzmethode in der krystallographischen Forschung. Leipzig 1894.

Capitel II.

Die optischen Eigenschaften.

§ 1. Theoretische Vorerinnerungen. § 2. Strahlenfläche, Fresnel's Ellipsoid 𝔈, Indexfläche *E*. § 3. Eintheilung der Krystalle nach ihrer optischen Indexfläche.

Von allen physikalischen Eigenschaften sind die optischen diejenigen, welche am bequemsten zu beobachten sind und den Zusammenhang zwischen Krystallgestalt und physikalischem Verhalten am deutlichsten erkennen lassen, sodass ihre Untersuchung den Rückschluss auf die geometrische Beschaffenheit am einfachsten gestattet. Daher sind sie auch von allen andern am eingehendsten studirt, und die Mineraloptik stellt heute eine weit ausgebaute Wissensdisciplin dar, die für die Mineralogie und namentlich auch für die Petrographie bei Untersuchung von Gesteinsdünnschliffen von ausserordentlichem Nutzen wird.

Der umfangreiche Stoff der Mineraloptik konnte naturgemäss im vorliegenden Buch nur in seinen Hauptlehren vorgetragen werden; doch ist darin besonders Rücksicht genommen auf die wesentlichste Anwendung, die mikroskopischen Untersuchungsmethoden der Petrographie.

Ausser der auf S. 130 erwähnten Literatur, im Besonderen den Lehrbüchern von Liebisch und Groth, sei noch verwiesen auf Rosenbusch, Mikrosk. Physiographie. 2. Aufl. 1885. Bd. 1 und auf Zirkel, Lehrbuch der Petrographie. 2. Aufl. 1893. Bd. 1.

§ 1. Theoretische Vorerinnerungen. Was wir als Licht, überhaupt als optische Erscheinungen wahrnehmen, sind nach der heute geltenden theoretischen Anschauung (Maxwell'sche Theorie) in schneller Folge sich wiederholende elektromagnetische Erregungen der Theilchen eines besonderen Stoffes, des Lichtäthers, die sich durch transversal zu ihren Fortpflanzungsrichtungen erfolgende Schwingungen wellenförmig ausbreiten. Sobald ein Aethertheilchen von der Wellenbewegung erfasst wird, schwingt es je nach dem Maasse der Erregung mehr oder minder weit aus. Die Weite der Ausschwingung heisst Amplitude, und von ihr, speciell vom Quadrat der Amplitude, hängt die Quantität des Lichtes, d. h. dessen Intensität ab.

In der Zeit, die zu einer vollen Schwingung (Hin- und Hergang des Theilchens) erforderlich ist, der sogen. Schwingungsdauer, hat sich die Wellenbewegung um eine gewisse Distanz, Wellenlänge λ genannt, geradlinig nach allen Richtungen fortgepflanzt. Von der Schwingungsdauer bezw. der durch sie bedingten Wellenlänge hängt die Qualität des Lichts, die Farbe ab.

Einer bestimmten Schwingungsdauer oder Wellenlänge entspricht auch eine bestimmte Farbe (monochromatisches oder homogenes Licht); Wellen verschiedener Schwingungsdauer (oder Wellenlänge) vereinigen sich zu einer Mischfarbe, unter gewissen Verhältnissen zu weissem

Licht. Durch geeignete Mittel wird das gemischte, speciell das weisse Licht wieder in seine Componenten zerlegt (Dispersion).

Die Anzahl der Schwingungen in einer Sekunde wird als Schwingungszahl bezeichnet. Diese liegt bei den vom Auge als Licht wahrgenommenen Aetherschwingungen zwischen 400—800 Billionen, und zwar hat das violette Licht die kürzeste, das rothe Licht die längste Schwingungsdauer; dazwischen liegen blau, grün, gelb, orange. Das rothe Licht hat im Mittel eine Wellenlänge von 0,000683 mm, das violette von 0,000410 mm.

Ein Medium ist ein durchsichtiges, wenn es die in ihm erregte Lichtbewegung als Lichtwelle fortpflanzt, es ist ein undurchsichtiges, wenn die Wellenbewegung nach Amplitude oder Schwingungszahl eine solche Umwandlung erfährt, dass das Auge sie nicht mehr als Licht zu empfinden vermag (Absorption, vergl. Cap. VI).

Lichtwellen, die nach einander dasselbe Aethertheilchen erfassen, werden auf einander einwirken müssen (interferiren mit einander); sie verstärken oder schwächen sich. Beträgt der Gangunterschied, der auf ein und dasselbe Theilchen einwirkenden Wellenbewegungen ein gerades Vielfaches von $\frac{\lambda}{2}$, so wird die Intensität gleich der Summe der einzelnen Intensitäten, bei einem ungeraden Vielfachen von $\frac{\lambda}{2}$ gleich der Differenz, also im letzteren Falle, sobald 2 Wellenbewegungen gleicher Intensität einwirken, wird die resultirende Intensität gleich Null. Jede Interferenz setzt jedoch voraus, dass die Schwingungen der Aethertheilchen in derselben Ebene vor sich gehen, dass die Wellen von demselben Punkt ausgegangen sind und denselben Weg verfolgen.

Im Allgemeinen ist das nicht der Fall. Beim gewöhnlichen Licht erfolgen die Schwingungen in allen Azimuthen rings um die Fortpflanzungsrichtung als Axe. Licht, das in einer Ebene schwingt, heisst polarisirt. Wie wir später sehen werden, giebt es eine Reihe von Veranlassungen, durch welche Licht polarisirt wird.

Der geometrische Ort aller der Aethertheilchen, die nach einer bestimmten Zeit gleichzeitig in Bewegung gesetzt werden, wofern die Erregung von einem gemeinsamen Punkt ausgegangen ist, führt den Namen der Wellen- oder Strahlenfläche. Jede Linie, die irgend einen Punkt der Strahlenfläche mit dem gemeinsamen Ausgangspunkt verbindet, liefert einen Lichtstrahl nach jenem Punkt, während das Loth auf der Tangentialebene, die durch jenen Punkt an die Wellenfläche gelegt ist, als Wellennormale bezeichnet wird.

§ 2. Die Lichtgeschwindigkeit in Krystallen ist, wie die Beobachtung lehrt, im Allgemeinen mit der Richtung veränderlich: es giebt krystallisirte Medien, in denen das Licht in allen Richtungen sich

mit gleicher Geschwindigkeit fortpflanzt, und andere, in denen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Richtung variirt. Medien der ersten Art heissen optisch isotrop, solche der zweiten Art optisch anisotrop.

Jedoch erfolgt selbst im allgemeinsten Fall optisch anisotroper Mittel die Aenderung der Lichtgeschwindigkeit mit der Richtung nicht regellos, sondern ist in bestimmter Weise abhängig von der Geschwindigkeit in drei auf einander senkrecht stehenden Richtungen.

Wenn man von einem Mittelpunkt aus die mit der Richtung wechselnden Fortpflanzungsgeschwindigkeiten eines Krystalls als Radienvectoren aufträgt, so erhält man in deren Endpunkten eine Oberfläche (Bezugsfläche), die im allgemeinsten Fall ein dreiaxiges Ellipsoid darstellt, deren 3 auf einander senkrecht stehende ungleiche Axen für alle zwischenliegenden Richtungen Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Polarisationsebene construiren lassen. An Stelle dieser Bezugsfläche, aus der Fresnel ursprünglich die Gesetze der Lichtbewegung in Krystallen herleitete und die daher auch das Fresnel'sche Ellipsoid 𝔈 genannt wird, bedient man sich zu demselben Zweck neuerdings mit Vorliebe einer ganz analogen Oberfläche, der Indicatrix oder der Indexfläche E, deren Radienvectoren nicht den directen, sondern den reciproken Fortpflanzungsgeschwindigkeiten, d. h. den bequem zu messenden Brechungsindices (vergl. S. 150) entsprechen.

Beide Ellipsoide 𝔈 sowohl wie E lassen sich in gleicher Weise verwenden, um aus ihnen die Aenderung der Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Richtung, die Schwingungs- bezw. Polarisationsebene, die Richtung der Strahlen und der Wellennormale, die Wellenfläche etc. abzuleiten oder zu construiren.

Zu dem Zweck ist es nur nöthig, dass man sich durch den Mittelpunkt des jedesmaligen Ellipsoids 𝔈 oder E einen Schnitt gelegt denkt. Jeder Radius dieses Schnitts ergiebt die erforderlichen Daten für denjenigen Lichtstrahl, der senkrecht zum Schnitt sich fortpflanzt und dessen Schwingungen in der Richtung dieses Radius erfolgen.

Wie eben erwähnt wird der allgemeinste Fall der Lichtbewegung in Krystallen dargestellt durch ein dreiaxiges Ellipsoid, ausserdem sind nach der Theorie, womit die Erfahrung übereinstimmt, nur noch 2 Fälle möglich: 2 Axen werden gleich, dann entsteht ein Rotationsellipsoid oder alle 3 Axen werden gleich und dann ergiebt sich als Bezugsfläche eine Kugel.

Die Schnitte der Ellipsoide 𝔈 und E sind im Allgemeinen Ellipsen, beispielsweise heisst das mit Bezug auf die Indexfläche E, dass die Brechbarkeit eines Lichtstrahls sich ändert je nach dem Radiusvector, in dessen Richtung die Schwingungen vor sich gehen. Sind solche Schnitte

jedoch Kreise, so sind alle Radien gleich und die Brechbarkeit bleibt dieselbe, gleichviel in welcher Richtung die Schwingungen sich vollziehen.

Die Richtung senkrecht auf einen derartigen Kreisschnitt des Ellipsoids E heisst optische Axe. Rings um eine optische Axe herrscht demnach gleiche Brechbarkeit, was zur Folge hat, dass sich in der Richtung der optischen Axe immer die gleiche, also nur eine Welle fortpflanzt, welches auch das Schwingungsazimuth sein mag; es ist demnach diejenige Richtung in einem Krystall, in der keine Doppelbrechung (vergl. Cap. IV) stattfinden kann.

In einem dreiaxigen Ellipsoid sind neben den im Allgemeinen elliptischen Schnitten 2 Kreisschnitte möglich; es sind somit 2 optische Axen vorhanden. In einem Rotationsellipsoid liefert allein der Schnitt senkrecht zur Rotationsaxe einen Kreis; hier ist also nur eine optische Axe vorhanden, die mit der Rotationsaxe zusammenfällt. Bei einer Kugel sind alle Schnitte Kreise, in Folge dessen giebt es bei ihr unendlich viele optische Axen.

Im Fresnel'schen Ellipsoid $\mathfrak{E}$, dem dreiaxigen sowohl wie dem Rotationsellipsoid, lassen sich entsprechende Kreisschnitte construiren, deren Lage aber nur beim Rotationsellipsoid mit jenen der Indexfläche zusammenfällt. Die Richtungen senkrecht auf diesen Kreisschnitten heissen secundäre optische Axen oder Strahlenaxen, von denen es 2 bezw. nur 1 giebt. Sie sind die einzigen Richtungen in einem Krystall, in welchen ein Strahl, gleichviel welches sein Schwingungsazimuth ist, mit constanter Geschwindigkeit fortschreitet.

§ 3. Untersucht man die krystallisirten Medien getrennt nach den Krystallsystemen auf die Gestalt ihrer Indexflächen und implicite auf die Anzahl ihrer optischen Axen, so ergiebt sich folgende Eintheilung.

Medium.	Indexfläche.	Zahl der optischen Axen.	Zugehöriges Krystallsystem.
Isotrop.	Kugel.	∞ bezw. 0 [1]).	Reguläres System.
Anisotrop.	Rotationsellipsoid.	1	Hexagonales und tetragonales System.
	Dreiaxiges Ellipsoid.	2	Rhombisches, monoklines und triklines System.

[1]) Da die optischen Axen ausgezeichnete Richtungen in einem anisotropen Medium sind und da in isotropen Medien optisch alle Richtungen gleich sind, keine sich vor der anderen auszeichnet, so sagt man von letzteren Medien gewöhnlich, dass sie ohne optische Axen seien.

Danach bezeichnet man auch die hexagonalen und tetragonalen Krystalle als optisch einaxig, die rhombischen, monoklinen und triklinen Krystalle als optisch zweiaxig. Die amorphen Mineralien, bei denen die Lichtgeschwindigkeit in allen Richtungen als gleich angenommen werden muss, sind wie die regulär krystallisirenden optisch isotrop.

Es wird nun die Aufgabe des Nachstehenden sein, alle die optischen Erscheinungen an Krystallen, wie sie sich als Folge ihrer verschiedenen Indexflächen ergeben, darzustellen und aus ihnen die optische Charakteristik der einzelnen Krystallsysteme herzuleiten.

Capitel III.

§ 1. Reflexion. § 2. Brechung. § 3. Totalreflexion. § 4. Methoden zur Bestimmung der Brechungsindices.

§ 1. Reflexion. Bei der Reflexion des Lichtes kommt das Gesetz zur Geltung, dass der einfallende und der reflectirte Lichtstrahl zusammen mit dem Einfallslothe in einer Ebene liegen und mit letzterem gleiche Winkel bilden. Auf diesem Gesetz beruht die Anwendung des Reflexionsgoniometers.

1. Nur für den Fall, dass die reflectirende Krystallfläche völlig eben ist, wirft sie das Bild des spiegelnden Körpers in gleichen Dimensionen zurück. Häufig sind aber die Flächen gerundet, geknickt, gestreift etc., in Folge dessen entstehen auch verzerrte Lichtreflexe, wie man sie häufig am Goniometer wahrnimmt. Dieselben sind abhängig von der Beschaffenheit der Flächen und heissen, falls es sich um charakteristische, auf Beugung und Interferenz zurückführbare Erscheinungen handelt, Lichtfiguren.

Auch durch Einlagerung von Blättchen, durch Canäle, feine Risse, Poren und durch faserige Structur können im Innern eigenthümliche Reflexe erzeugt werden, die zuweilen für einzelne Mineralien charakteristisch sind. Asterismus des Sapphirs, Schillern des Sonnensteins, des Bronzits etc. Vergl. Cap. VI.

Mit der Reflexion hängen auch die Unterschiede des Glanzes zusammen, von denen später die Rede sein wird.

2. Durch Reflexion wird Licht mehr oder weniger polarisirt; durch wiederholte Reflexion lässt es sich vollständig polarisiren. Vollständige Polarisation tritt nach einmaliger Reflexion ein, wenn die Lichtstrahlen unter einem gewissen Winkel (Polarisationswinkel) auf die spiegelnde Fläche fallen (s. den § 3).

§ 2. Brechung. Dringt ein Lichtstrahl unter schiefem Winkel aus einem Medium in ein anderes ein, so erleidet derselbe im zweiten Medium eine Abweichung von der ursprünglichen Richtung, d. h. eine Brechung, die nach Maassgabe des Gesetzes $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_{,}}{v_{,,}}$ erfolgt, wo i und r die Richtungswinkel, gewöhnlich als Einfalls- und Brechungswinkel

bezeichnet, $v_{,}$ und $v_{,,}$ die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im ersten resp. zweiten Medium bedeuten. — Bei der gewöhnlichen einfachen Brechung liegen stets der einfache, der gebrochene Strahl und das Einfallsloth in einer Ebene, bei der später zu besprechenden Doppelbrechung ist dies nicht mehr allgemein der Fall.

Ist das erste Medium Luft, so bezeichnet man den Quotienten $\frac{v_{,}}{v_{,,}}$ als den Brechungsquotienten oder Brechungsindex n (Br.-I.). Aus der Relation $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ ergiebt sich die Möglichkeit der Bestimmung des Br.-I. n.

Ist dagegen das erste Medium der luftleere Raum, so nennt man das Verhältniss $\frac{v_{,}}{v_{,,}}$ den absoluten Br.-I.; derselbe wird aus dem gewöhnlichen d. h. aus dem auf Luft bezogenen Br.-I. erhalten, wenn man diesen mit 1,000294 multiplicirt. 1,000294 ist nämlich der Br.-I. der Luft bei 0° und 760 mm Druck bezogen auf den leeren Raum.

Führt man in die Gleichung $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{v_{,}}{v_{,,}}$ für die Geschwindigkeiten $v_{,}$ und $v_{,,}$ die entsprechenden Br.-I. $n \left(= \frac{v}{v_{,}}\right)$ und $N \left(= \frac{v}{v_{,,}}\right)$ ein, so ergiebt sich $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{N}{n}$, d. h. die Br.-I. zweier Medien verhalten sich umgekehrt wie die Richtungswinkel der Lichtstrahlen.

Nach der Gleichung $n = \frac{v_{,}}{v_{,,}}$ hängt der Br.-I. einer Substanz von der Geschwindigkeit des Lichtes innerhalb derselben ab. Daraus folgt, dass der Br.-I. in allen isotropen Medien, deren Lichtgeschwindigkeit ja in allen Richtungen gleich ist, eine constante Grösse sein muss. Isotrope Medien besitzen nur einen einzigen Br.-I. Dagegen ändert sich in anisotropen Medien der Br.-I. mit der Richtung, in welcher das Licht durch das Medium hindurchfällt. Anisotrope Substanzen haben daher unendlich viele Brechungsindices. Die Indices in gewissen ausgezeichneten Richtungen, nämlich in den Richtungen der Hauptdurchmesser der Indexfläche, heissen Hauptbrechungsindices.

1. Für die verschiedenen Br.-I. einer anisotropen Substanz hat die Geschwindigkeit v des eintretenden Strahls immer denselben Werth, in Folge dessen verhalten sich dieselben unter einander wie $\frac{1}{v_{,}} : \frac{1}{v_{,,}} : \frac{1}{v_{,,,}}$: etc., also wie die reciproken Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in den verschiedenen Richtungen des anisotropen Mediums. Man kann daher für die Br.-I. die reciproken Geschwindigkeiten in den einzelnen Richtungen $n_{,} = \frac{1}{v_{,}}$, $n_{,,} = \frac{1}{v_{,,}}$ etc. und andererseits für die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten die reciproken Br.-I., also $v_{,} = \frac{1}{n_{,}}$, $v_{,,} = \frac{1}{n_{,,}}$ etc. setzen.

2. Da die Fortpflanzungsgeschwindigkeit abhängig ist von der Wellenlänge λ, so wird der Br.-I. jeder isotropen oder anisotropen Substanz ein anderer sein, je nach der Wellenlänge (Farbe) des angewandten Lichtes. Die Angabe des Br.-I. hat daher nur Sinn für ein bestimmtes λ. — Der Br.-I. ist um so grösser, je kleiner

die Wellenlänge; er erreicht ein Maximum für violette, ein Minimum für rothe Strahlen.

3. Die Abhängigkeit des Br.-I. von der Wellenlänge wird angenähert ausgedrückt durch die sogen. CAUCHY'sche Dispersionsformel $n = A + \frac{B}{\lambda^2}$, wo A und B 2 Constante der Substanz sind. Bestimmt man die Br.-Indices einer Substanz für 2 verschiedene λ, so lassen sich die beiden Constanten A und B daraus herleiten und es wird nun möglich, den Br.-I. für jedes weitere λ zu berechnen.

4. Die Bestimmung und Angabe der Br.-Indices geschieht mit Beziehung auf das homogene Licht gewisser glühender Metalldämpfe (Na, Li, Th), oder auf die FRAUNHOFER'schen Linien des Sonnenspectrums oder auf die Linien α, β, γ einer GEISSLER'schen Wasserstoffröhre.

§ 3. Totalreflexion. Wird bei dem Uebergang des Lichtes aus einem Medium in das andere, der Winkel $r < i$, oder wird, wie man sich ausdrückt, der Strahl im zweiten Medium dem Lothe zugebrochen, so wird $n > 1$, und man nennt das zweite Medium mit Bezug auf das erstere das optisch dichtere. Alle Mineralien sind optisch dichter als Luft; ihr Br.-I. n, auf Luft bezogen, ist stets grösser als 1.

Geht ein Lichtstrahl aus einem optisch dichteren in ein optisch dünneres Medium über, so tritt bei einem bestimmten, noch unter 90° liegenden Incidenzwinkel i der Fall ein, dass der Brechungswinkel $r = 90°$ wird. Für jeden grösseren Werth von i wird $r > 90°$, d. h. der Strahl tritt nicht mehr in das neue Medium ein, sondern wird in das alte zurück reflectirt. Diese Erscheinung, die nur beim Uebergange aus einem dichteren in ein dünneres stattfinden kann, heisst die Totalreflexion, und der Winkel i, bei dem zuerst Totalreflexion auftritt, wird als der Grenzwinkel derselben bezeichnet. Da dieser Grenzwinkel i dem Brechungswinkel 90° entspricht, so folgt für die Grenze gegen Luft $\frac{\sin 90°}{\sin i} = n$ oder $\sin i = \frac{1}{n}$ und für die Grenze gegen ein anderes dünneres Medium mit dem Br.-I. $n_,$: $\frac{\sin 90°}{\sin i} = \frac{n}{n_,}$ und $n_, = n \,.\, \sin i$.

Letztere Gleichung eignet sich, wie ersichtlich, nicht nur zur Bestimmung des Grenzwinkels einer Substanz aus dem Br.-I. (beispielsweise ist n für Wasser $\frac{4}{3}$, folglich der Grenzwinkel = 48° 35′, für Crownglas 41°, für Flintglas 38°, Diamant 24° etc.), sondern auch, und das wird besonders wichtig, zur Bestimmung des Br.-I. aus dem Grenzwinkel der totalen Reflexion. Diese weitere Methode zur Bestimmung des Br.-I. hat deshalb so grosse Bedeutung, weil sie nicht auf durchsichtige Substanzen beschränkt ist. Jede Substanz, durchsichtig oder undurchsichtig (jedoch mit Ausschluss der Metalle), die mit einer spiegelnden Fläche versehen ist und von einem optisch dichteren Medium (Flüssigkeit) umgeben werden kann, gestattet die Beobachtung des Eintritts der Totalreflexion,

somit die Messung des Grenzwinkels und die Berechnung des Brechungsindex.

Mineralien, deren Grenzwinkel relativ klein sind, werden für einen grösseren Theil eines Kreisbogens, innerhalb welchen Lichtstrahlen auf eine Fläche auffallen, Totalreflexion zeigen, also zahlreichere Lichtreflexe erzeugen, als Mineralien mit grösserem Grenzwinkel. Der kleinere Grenzwinkel entspricht aber einem grösseren Br.-I. und so erklären sich die zahlreichen Lichtreflexe des Diamanten, der den hohen Br.-I. 2,4195 für mittlere Farben besitzt, während die Indices der meisten anderen Mineralien unter 2 liegen.

Durch wiederholte Reflexion wie durch wiederholte Brechung wird das Licht allmählich vollständig polarisirt. Wie Brewster 1815 zuerst gefunden, tritt vollständige Polarisation des reflectirten wie des gebrochenen Strahles ein, wenn beide senkrecht auf einander stehen, wenn also $n = \frac{\sin i}{\sin (90^0 - i)} = tg\, i$. Der Winkel i heisst in diesem Fall der Polarisationswinkel und die Tangente des Polarisationswinkels ist somit gleich dem Brechungsindex. Für den Br.-I. des Glases $= {}^3/_2$ wird der Polarisationswinkel $i = 56^0\, 19'$, das Licht muss also unter $33^0\, 41'$ auf einen Spiegel fallen, um als vollständig polarisirtes reflectirt zu werden. — Aus der Beobachtung des Polarisationswinkels lässt sich somit auch der Brechungsindex bestimmen.

Die Schwingungen des reflectirten und des gebrochenen Strahles, soweit sie polarisirt sind, erfolgen senkrecht auf einander, und zwar stehen nach Fresnel's Annahme die Schwingungen des reflectirten Strahles senkrecht, die des gebrochenen Strahles parallel zur Einfallsebene des Strahles. Diejenige Ebene, zu welcher die Schwingungen eines polarisirten Lichtstrahls senkrecht erfolgen, wird dessen Polarisationsebene genannt.

Aus der Reflexion und Brechung erwachsen Mittel zur Gewinnung polarisirten Lichts.

§ 4. Methoden zur Bestimmung der Brechungsindices. Die gebräuchlichsten und vollkommensten Methoden benutzen entweder die Brechung oder die Totalreflexion zum Bestimmen der Brechungsindices. Bei mineralogischen Untersuchungen beschränkt man sich im Allgemeinen auf die Feststellung der Brechungsindices für die 3 Farben roth, gelb und grün, wie sie durch Verdampfen von Lithium-, Natrium- oder Thalliumsalzen auf einem Platinsiebe in der zur Beleuchtung dienenden Bunsenflamme erzeugt werden.

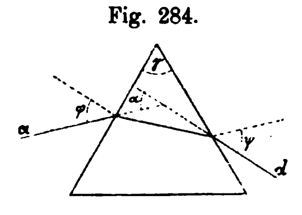
a) Aus der **Brechung**

mittelst Prismas und Einstellung auf das Minimum der Ablenkung.

Wenn (Fig. 284) ein Lichtstrahl a auf ein Prisma fällt und in der Richtung d wieder austritt, so liefern der Eintrittswinkel φ, der Austrittswinkel ψ, sowie der

Winkel der brechenden Kante γ die Daten für die Berechnung des Br.-I. Messung und Berechnung vereinfachen sich, wenn man den Lichtstrahl symmetrisch durch das Prisma hindurchgehen lässt, sodass $\varphi = \psi$ wird. In diesem Fall erlangt die Ablenkung α, deren Werth $\varphi + \psi - \gamma$ übergeht in $2\varphi - \gamma$ ihr Minimum und man erreicht damit den doppelten Vortheil, dass der symmetrische Durchgang, gleich bedeutend mit der Einstellung auf das Ablenkungsminimum, leicht erkannt wird und dass sowohl für die Messung wie für die Berechnung für φ bezw. ψ der bequemer zu messende Winkel α substituirt werden kann. Man hat überhaupt nur den brechenden Winkel γ des Prismas und den Ablenkungswinkel α zu messen, um daraus nach der Gleichung

Fig. 284.



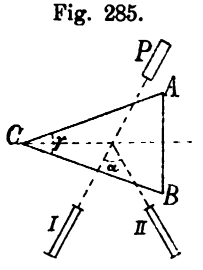
$$n = \sin \frac{\alpha + \gamma}{2} : \sin \frac{\gamma}{2}$$

den Brechungsindex zu berechnen.

Ausführung. Als Instrument, Spectrometer, kann jedes Reflexionsgoniometer mit beweglichem Beobachtungsfernrohr benutzt werden; wir bedienen uns des auf S. 11 abgebildeten Goniometers.

Wenn an dem auf seinen Br.-I. zu untersuchenden Krystall nicht bereits eine geeignete brechende Kante [1]) vorhanden ist, wird eine solche angeschliffen. Das Krystallprisma ABC in Fig. 285, in welcher P den feststehenden Collimator mit dem Spalt, I und II das Beobachtungsfernrohr in 2 verschiedenen Stellungen bedeuten soll, wird auf dem Goniometer justirt und centrirt und der Winkel γ in üblicher Weise gemessen.

Fig. 285.



Nunmehr lockert man die Schraube, durch die das Fernrohr und der mit diesem verbundene Nonienkreis festgehalten ist und klemmt dafür den Theilkreis für die Dauer der weiteren Untersuchung fest. Alsdann wird durch das Fernrohr der Spalt des Collimators direct anvisirt (Stellung I) und am Nonius abgelesen. Darauf bringt man durch gleichzeitiges Drehen des Prismas und des Fernrohrs das Spectralbild des Spaltes zunächst in das Gesichtsfeld und dann in die Minimalstellung, was bei einer der Fig. 285 analogen Orientirung erfolgt und daran erkannt wird, dass das Bild des gebrochenen Spaltes umkehrt, gleichviel, ob man das Fernrohr nach rechts oder links hin schiebt. Diese Stellung II giebt eine zweite Ablesung und die Differenz beider Ablesungen ergiebt den Winkel α.

Bei diesem Verfahren wird der Collimatorspalt mit dem homogenen Licht der Natrium-, Rubidium- oder Thalliumflamme beleuchtet; erleuchtet man hingegen mit dem gewöhnlichen Licht einer Gas- oder elektrischen Lampe, so erhält man statt des einfarbigen Spaltes ein Spectrum.

Bei genügender Schärfe desselben kann man hinter einander auf alle Farben einstellen und damit annähernd die Brechungsindices für die verschiedenen Farben messen.

Anm. Es mag kurz erwähnt sein, dass ein nicht weniger bequemes Verfahren zum Bestimmen der Br.-I. aus der Brechung darin besteht, dass man statt des eben geschilderten symmetrischen Durchganges das Licht so durch das Prisma fallen lässt, dass der Strahl senkrecht zur Austrittsfläche aus dem Prisma wieder herauskommt. Die Beobachtung und Controlle des senkrechten Austritts erfolgt durch ein Gauss'sches Ocular (Methode von Meyerstein 1856).

---

[1]) Der Winkel der brechenden Kante darf nur so gross sein, dass nicht Totalreflexion beim Austritt des Strahls aus dem Prisma erfolgt.

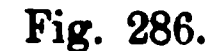
Für alle Bestimmungsmethoden der Brechungsindices, die auf der Brechung und Prismenbeobachtung beruhen, darf der Prismenwinkel γ eine bestimmte Grösse nicht überschreiten, die vom Br.-I. abhängt. Bei den meisten, von Krystall- oder Spaltflächen gebildeten natürlichen Prismen ist der Winkel zu gross; er muss dann entweder durch Anschleifen herabgemindert werden oder man muss die Messung derart ausführen, dass das Prisma in ein geeignetes Gefäss mit einer stark brechenden Flüssigkeit (Mohnöl, Cassiaöl) getaucht wird. (Cf. RAMSAY, GROTH's Zeitschr. Bd. XII. S. 209.)

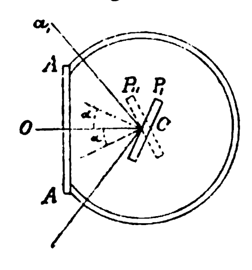
b) Aus der **Totalreflexion.** — Die hierher gehörigen Methoden erfordern nur eine einzige spiegelnde Fläche, wie sie direct am Krystall sich findet oder doch leicht durch Anschleifen und Poliren zu erhalten ist; sie können auch bei undurchsichtigen Mineralien angewendet werden, und da die Genauigkeit nicht geringer ist als bei dem auf Brechung begründeten Verfahren, so sind die besonders in neuerer Zeit ausgebildeten Totalreflexionsmethoden für krystallographische Untersuchungen allen anderen vorzuziehen. Bedingung ist aber, dass für den zu untersuchenden Krystall sich ein stärker brechendes Medium findet, damit überhaupt Totalreflexion eintritt, und mit dem es in unmittelbare Berührung gebracht werden kann. Als solche Media dienen theils Flüssigkeiten, in die der Krystall getaucht, theils starre Gläser mit hohem Br.-I., an die der Krystall gepresst wird. Danach lassen sich 2 Gruppen von Verfahren unterscheiden.

Verfahren durch Eintauchen in stark brechende Flüssigkeiten, mittelst des Totalreflectometers von KOHLRAUSCH (1878).

Princip. Befindet sich eine Krystallplatte in einem Medium von grösserem Brechungsvermögen, so wird von den bei diffusem Licht in allen Richtungen auf dieselbe fallenden Lichtstrahlen ein Theil total reflectirt werden, während der andere zum Theil in das Medium eindringt. Für ein an bestimmter Stelle befindliches Auge, das diese Erscheinung betrachtet, wird eine Hälfte der Platte im spiegelnden Glanze (nämlich jener Theil, wo die Strahlen einen grösseren Incidenzwinkel als den der totalen Reflexion besitzen) erscheinen müssen, während die andere weit dunkler ist. Die Grenze zwischen diesen Hälften ist bei Anwendung homogenen Lichtes scharf; sie tritt dort auf, wo der unter dem Grenzwinkel der totalen Reflexion auffallende Strahl in das Auge reflectirt wird.

Ausführung. In ein weites Glasgefäss, dessen Wandung mit Ausnahme der vorderen Seite AA matt geätzt oder mit Oelpapier umklebt ist (um diffuses Licht zu schaffen) und das mit einer stark brechenden Flüssigkeit, z. B. Schwefelkohlenstoff, erfüllt ist, Fig. 286 (s. auch Fig. 287), ragt von oben her, an einer drehbaren Axe befestigt, die mit einer spiegelnden Fläche versehene Krystallplatte. Bei O befindet sich ein senkrecht auf AA gerichtetes und auf unendlich eingestelltes[1] Fernrohr, wodurch die Grenze zwischen Hell und Dunkel scharf gesehen werden kann. Durch Drehung bringt man die Platte in eine solche Stellung $P_{,}$, dass der senkrechte Faden des Beobachtungsfernrohrs zusammenfällt mit der Grenzlinie zwischen der totalreflectirenden glänzenden und der dunkleren Hälfte, d. h. in eine solche Stellung, in welcher der unter dem Winkel


Fig. 286.



[1]) Die nothwendige Einstellung auf Unendlich erfolgt am bequemsten und für den Zweck ausreichend durch Einstellen auf einen weit entfernten Gegenstand, etwa einen Blitzableiter.

der totalen Reflexion auffallende Lichtstrahl α, nach O reflectirt wird. Der Winkel zwischen auffallendem und reflectirtem Strahl ($O\,C\,\alpha_,$) entspricht dem doppelten Grenzwinkel ($= 2\,\alpha$).

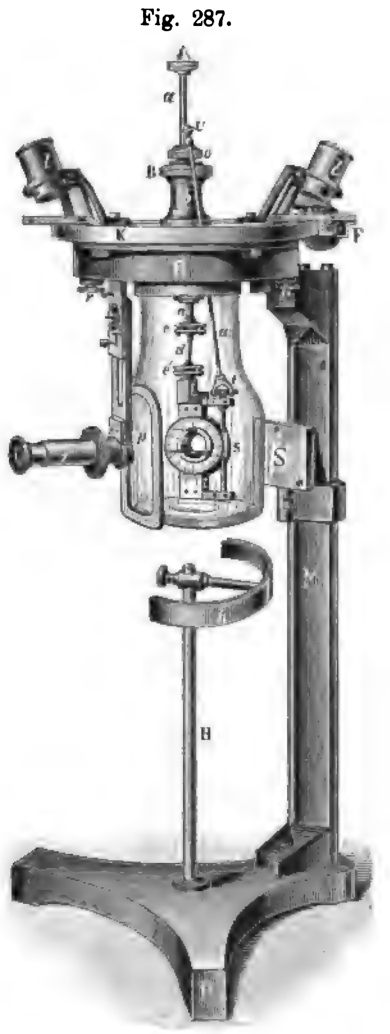
Zur bequemen Bestimmung von α bringt man die Platte, indem man von der anderen Seite beleuchtet, in die symmetrische Stellung $P_{,,}$, sodass wiederum ein unter dem Grenzwinkel α auffallender Strahl $\alpha_{,,}$ zum Auge nach O reflectirt wird. Die Drehung von $P_,$ nach $P_{,,}$, die an einem über dem Glasgefäss befindlichen Theilkreis abgelesen werden kann, entspricht aber unmittelbar dem Winkel $2\,\alpha$, dem doppelten Grenzwinkel.

Ist N der Br.-I. der Flüssigkeit, so ergiebt sich nunmehr der Br.-I. der untersuchten Platte aus $n = N . \sin \alpha$, wie leicht einzusehen; vergl. die auf S. 151 aufgestellte Gleichung.

Als stark lichtbrechende Flüssigkeit benutzt man Schwefelkohlenstoff mit dem Br-I. 1,6274 bei 20 ° C. oder α-Bromnaphtalin mit 1,66264 bei 8 ° C. für Na-Licht oder Methylenjodid mit 1,7466 ebenfalls bei 8 ° C. und Na-Licht. Da bei den genannten Flüssigkeiten der Br.-I. sich mit der Temperatur beträchtlich ändert (für jede Temperaturerhöhung von 1 ° C. nimmt der Br.-I. des Schwefelkohlenstoffs um 0,00080, der des Bromnaphtalins um 0,00045, der des Methylenjodids um 0,00071 ab), so muss auch die Temperatur gemessen werden, was durch ein in die Flüssigkeit gehängtes Thermometer geschieht.

Das Kohlrausch'sche Totalreflectometer (Fig. 287 giebt die Ausführung des Instrumentes durch Apel in Göttingen) gestattet namentlich wegen der Veränderlichkeit des Br.-I. der Flüssigkeit nur eine Genauigkeit bis zur zweiten Decimale, eine grössere Genauigkeit wird bei dem folgenden Verfahren erreicht.

Fig. 287.



Verfahren durch Anpressen an einen Glaskörper von hohem Brechungsindex. Methode von Wollaston.

Princip. An Stelle der das Object ganz umgebenden Flüssigkeit tritt ein dreiseitiges Prisma oder ein cylindrischer oder halbkugeliger Rotationskörper, beide aus stark brechendem Flintglas hergestellt, an die der Krystall mit seiner gut spiegelnden Fläche angepresst wird. Die Berührung zwischen Object und dem Flintglaskörper wird durch eine dazwischen gebrachte Flüssigkeitsschicht (breitgedrückter Tropfen) vermittelt, welche bei ihrer Planparallelität auf den Gang der an der Platte reflectirten Lichtstrahlen keinen Einfluss ausübt. Nur muss, um demnächst Total-

reflexion zu erzeugen, der Br.-I. dieser Flüssigkeit ebenso wie der des Glaskörpers grösser sein als der des Objectes.

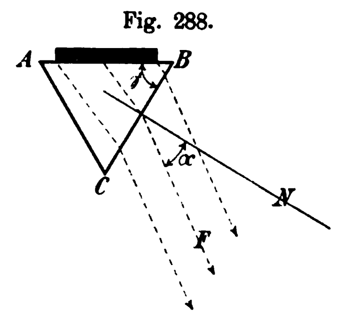
Tritt nun von einer Seite her diffuses Licht in den Glaskörper hinein und an die spiegelnde Fläche des Objectes heran, so wird für Strahlen von bestimmter Richtung Totalreflexion erfolgen. Je nach der Stellung des Auges wird die angepresste Krystallfläche hell oder dunkel erscheinen und man hat es alsdann wieder so einzurichten, dass der senkrechte Faden im Beobachtungsfernrohr, das auf Unendlich eingestellt ist, mit der Grenze zwischen Hell und Dunkel zusammenfällt. Aus dem Weg, den die Lichtstrahlen der Totalreflexion im Prisma nehmen, also aus den Eintritts- und Austrittswinkeln und dem Br.-I. des Glases berechnet sich der Br.-I. des Objectes.

Der genaue Werth des Br.-I. der Flüssigkeit kommt nicht in Betracht. Man wendet Cassiaöl ($n = 1{,}58$—$1{,}64$ für Na-Licht) oder α-Bromnaphtalin, auch Kaliumquecksilberjodid und andere stark brechende Substanzen an. Die Temperatur übt hier einen weit geringeren Einfluss aus als beim Totalreflectometer.

• Ausführung. 1. mit dem **Prisma.**

Als Instrument dient das Reflexionsgoniometer und ein dreiseitiges Flintglasprisma von hohem, 1,6—1,9 betragendem Brechungsindex. Letzterer ist ein- für alle Mal bestimmt, ebenso der brechende Winkel γ des Prismas. Die zu untersuchende Krystallplatte wird gegen eine der beiden, den brechenden Winkel einschliessenden Prismenseiten angedrückt, die unmittelbare Berührung durch Benetzen mit einem Tropfen einer stark brechenden Flüssigkeit bewirkt und durch irgendwelche Vorrichtung (s. weiter unten die Vorrichtung von Liebisch) in dieser Stellung festgehalten. Alsdann wird das Prisma mit dem anhaftenden Krystall auf dem Goniometertisch justirt. Seitlich ist ein Bunsenbrenner mit Einrichtung zur Erzeugung homogenen Lichtes aufgestellt; um letzteres diffus zu machen, wird zwischen Brenner und Goniometer noch ein Schirm mit Oelpapier oder eine Scheibe matten Glases geschoben [1]). Nunmehr stellt man das Fernrohr des Goniometers auf die Grenzlinie der totalen Reflexion ein, was dadurch geschieht, dass man das Prisma so lange gegen das feststehende Fernrohr dreht, bis die Grenze des durch die Totalreflexion zur Hälfte erhellten Sehfeldes im Fadenkreuz steht.

Fig. 288.



Die Brechung erfolgt nach der Formel:

$$n = \sin\gamma\sqrt{N^2 - \sin^2\alpha} \pm \cos\gamma \cdot \sin\alpha.$$

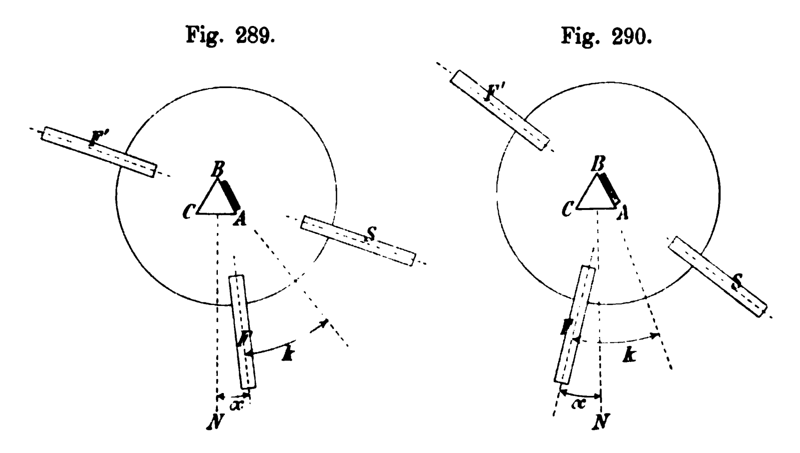
γ ist der brechende Winkel, N der Br.-I. des Flintglasprismas, α der Winkel, den der Grenzstrahl zur Sehlinie der Totalreflexion mit dem Loth zur Austrittsfläche des Prismas einschliesst (vergl. Fig. 288). Die Einstellung auf das Loth wird am einfachsten mit dem Gauss'schen Ocular im Fernrohr bewirkt, sonst muss man zur Erlangung des Winkels α den folgenden umständlicheren Weg mit Hülfe des Collimators einschlagen:

Man stellt das Fernrohr genau in Opposition des Collimators, d. h. seines erhellten Spaltes (Ablesung I). Darauf stellt man, wie oben, Prisma und Fernrohr auf die Grenzlinie der Totalreflexion ein (Ablesung II). Aus I und II folgt der Winkel zwischen Collimator und Fernrohr ($= 2\,k$). Nachdem das Fernrohr festgeklemmt ist, wird der Theilkreis mitsammt dem Prisma gedreht, bis der Signal-

[1]) Die gleiche Wirkung wird dadurch erreicht, dass man das Flintglasprisma, mit Ausnahme der Seite, auf der die Krystallplatte zu liegen kommt, matt schleift.

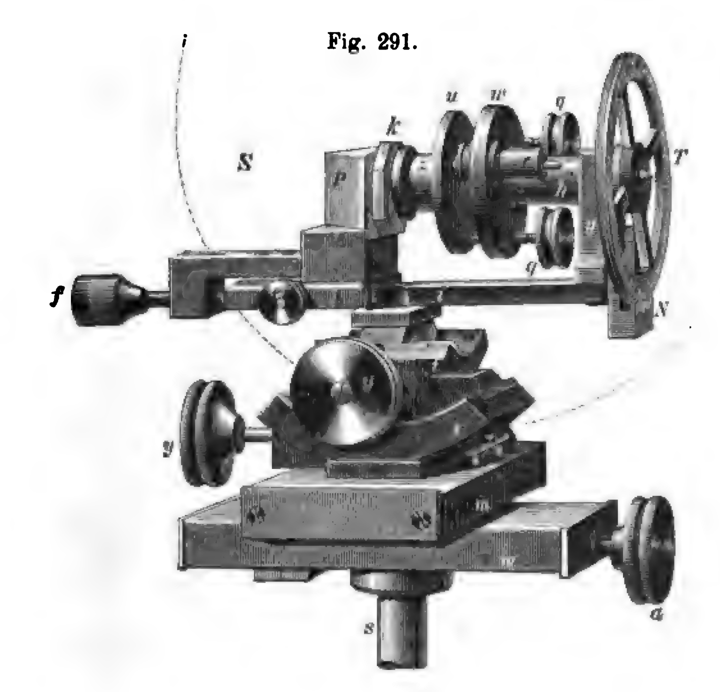
reflex im Fadenkreuz des Fernrohrs steht. Diese Drehung ergiebt den Winkel, den die Normale auf der Austrittsfläche $A\,C$ mit der Halbirenden des Winkels $2\,k$ bildet und ist $= k + \alpha$, wenn wie in Fig. 289 die Normale links vom Fernrohr liegt oder $= k - \alpha$, wenn sie, wie in Fig. 290 rechts davon liegt. Damit ist der Winkel α bestimmt.

Fig. 289. Fig. 290.



Ob in der oben angegebenen Rechnungsformel der Ausdruck $\pm \cos\gamma \,.\, \sin\alpha$ positiv oder negativ zu nehmen ist, richtet sich danach, ob der auf die Grenzlinie

Fig. 291.



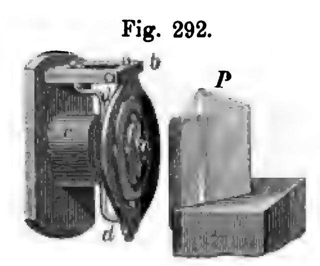
der Totalreflexion eingestellte Sehstrahl F rechts oder links von der Normalen N liegt. In Fig. 289 ist α positiv, in Fig. 288 u. 290 ist α negativ.

Um die auf ihren Br.-I. zu untersuchende Krystallplatte fest an das Prisma anzuklemmen und, wie es für anisotrope Krystalle nöthig wird, in ihrer eigenen

Ebene zu drehen, und den Drehungswinkel mit Bezug auf irgendwelche charakteristische Richtung oder Kante zu messen, sind von FEUSSNER besondere Vorrichtungen angewendet und in vollkommener Gestalt nach den Angaben LIEBISCH's von FUESS construirt.

Die LIEBISCH'sche Vorrichtung (Fig. 291) besteht aus 2 Theilen. Der eine Theil ist im Wesentlichen eine justirbare horizontale Drehaxe, über deren eines Ende eine als Krystallträger dienende Hülse z geschoben wird, während das entgegengesetzte Ende mit einem Theilkreis T verbunden ist. Der andere Theil trägt das bereits vom Mechaniker in justirter Stellung eingekittete Flintglasprisma P. Durch eine Schlittenführung ef lässt sich das Prisma an den Krystallträger heranschieben und gegen die Krystallplatte k glatt anpressen. Dazu ist nöthig, dass die Platte so montirt ist, dass ihre plane Fläche parallel der Fläche des Flintglasprismas liegt. Um diese umständliche Orientirung zu ersparen, ist in der besonderen Construction (Fig. 292) der Krystallträger in sinnreicher Weise in einem cardanischen Ringsystem aufgehängt, sodass die aufgeklebte Krystallplatte sich in jeder Stellung glatt andrückt.

Fig. 292.



2. mit der **Halbkugel.**

Vorbemerkung. An Stelle des Prismas, welches ein Anpressen des Objectes in verticaler Stellung erfordert, ist es weit bequemer, einen Glaskörper mit horizontaler Auflagefläche zu nehmen. Dazu reicht schon ein Würfel aus, aber die Messung und Brechungsformel vereinfacht sich wesentlich, wenn man, wie es von PULFRICH ursprünglich geschehen ist, einen am oberen Ende abgeplatteten Glascylinder benutzt. Alsdann tritt das totalreflectirte Licht ohne weitere Brechung aus. Den gleichen Zweck erreicht man mit einer Halbkugel, die noch den Vortheil leichterer und vollkommener Herstellung hat. Von BERTRAND und ABBE ist daher die Halbkugel verwendet, ein geeignetes Instrument ist von CZAPSKI construirt und in seiner Neuconstruction, wie es nach manchen Verbesserungen durch PULFRICH aus der ZEISS'schen Werkstätte in Jena hervorgegangen ist, liegt es der nachfolgenden kurzen Beschreibung und der Messung zu Grunde.

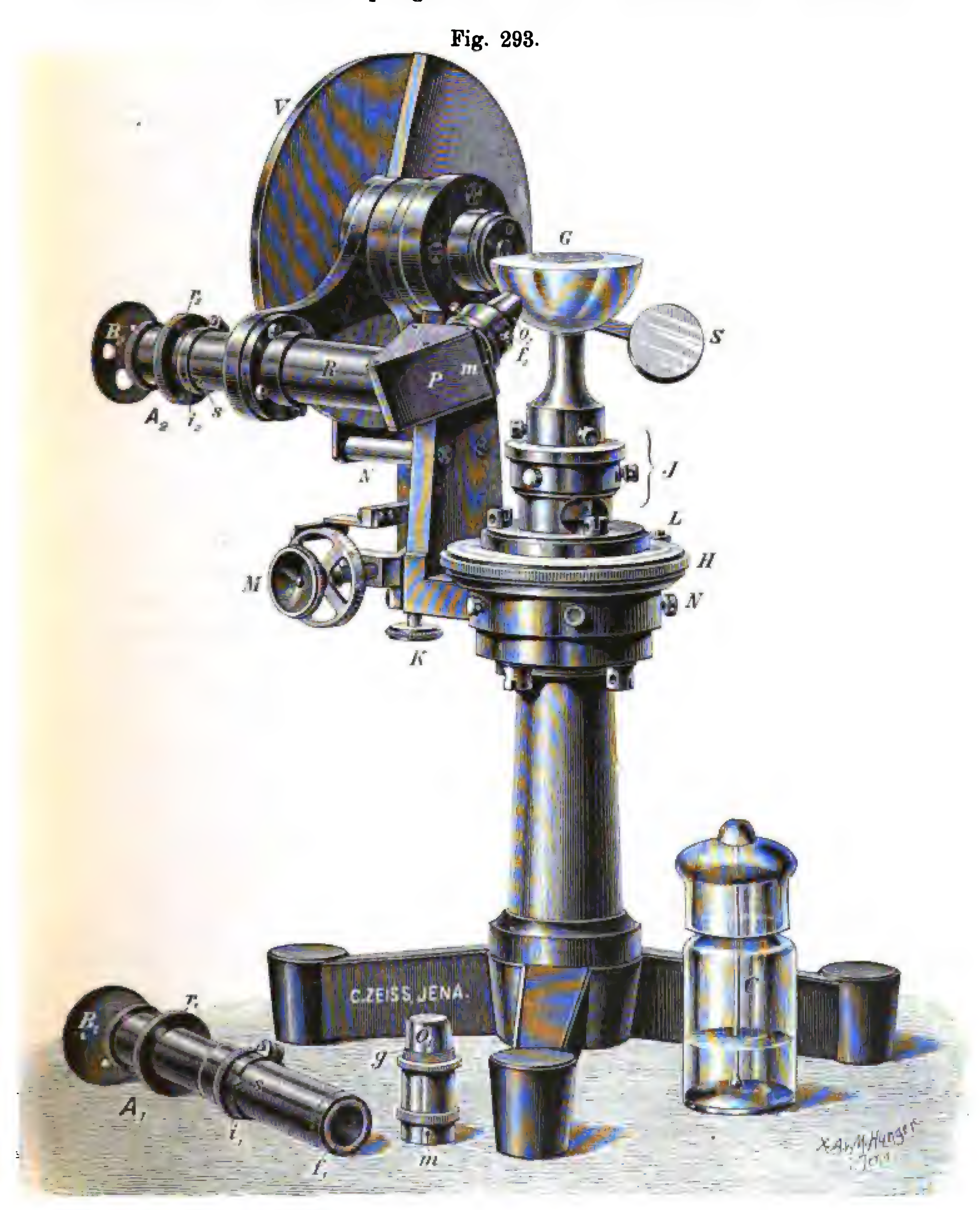
Das Instrument (Neuconstruction des ABBE'schen Krystallrefractometers. ZEISS, Katalog 1899. S. 52 ff.) ist in Fig. 293 in halber Grösse dargestellt. Die Halbkugel G mit horizontaler Abplattung ist genau justirt[1]) und ist durch Bewegung des geränderten Theilkreises um ihre Verticalaxe drehbar. Der Verticalkreis V und das Beobachtungsfernrohr besitzen eine gemeinsame, auf das optische Centrum der Halbkugel justirte Drehaxe, sodass bei der Herumführung des Fernrohrs um die Halbkugel zum Zweck der Einstellung auf die Grenzlinie der Totalreflexion dieser Drehwinkel mit Hülfe eines fixen Nonius am Theilkreis abgelesen werden kann. Zur bequemeren Beobachtung ist das Fernrohr gebrochen. Ein Spiegel S dient dazu, um das Licht der Beleuchtungseinrichtung auf die Halbkugel zu werfen; dieser dreht sich ebenfalls um die gemeinsame Axe von Theilkreis und Fernrohr, ist aber in seiner Bewegung unabhängig von diesen.

Ausführung. Das Object wird nach Befeuchtung mit einem Tropfen einer stärker brechenden Flüssigkeit auf die plane Fläche der Halbkugel gelegt. In ge-

[1]) Die Bedingungen und die Ausführung des Justirens siehe bei PULFRICH, Ueber die Anwendbarkeit der Methode der Totalreflexion auf kleine und mangelhafte Krystallflächen. Zeitschr. f. Instrumentenkunde. 1899. Heft 1.

ringer Entfernung von dem Instrument und in der ungefähren Verlängerung der Fernrohraxe steht die monochromatische Lichtquelle, deren Strahlen durch den Spiegel von unten her in den Glaskörper geworfen werden. Indem man nun das Fernrohr

Fig. 293.



allmählich um die Halbkugel führt, erhält man bald die Grenze der totalen Reflexion im Gesichtsfelde und stellt diese (bei anisotropen Medien sind es 2 Grenzlinien) scharf im Fadenkreuz ein. Bei der symmetrischen Theilung des Verticalkreises ist der abgelesene Winkel α direct der gesuchte Winkel der Totalreflexion. Der Br.-I. be-

rechnet sich nach der Formel $n = N . \sin \alpha$, wo N der ein- für alle Mal bekannte Br.-I. der Glashalbkugel ist (bei den neuerdings gelieferten Instrumenten ist $N = 1{,}9070$ für Na-Licht).

Literatur. PULFRICH, Das Totalreflectometer etc. Leipzig 1890. — DERS., Ueber die Anwendbarkeit etc. Cit. S. 157. — CZAPSKI, Krystallrefractometer nach ABBE. Neues Jahrb. für Min. etc. Beilageband VII. 1891. S. 175 ff.

Anm. Für Dünnschliffe hat C. KLEIN das Verfahren mit der Halbkugel nutzbar gemacht und das ABBE-CZAPSKI'sche Instrument entsprechend abgeändert; für den gleichen Zweck ist das KOHLRAUSCH-LIEBISCH'sche Prisma von WALLERANT verwerthet. Siehe C. KLEIN, Sitzungsberichte der preuss. Akad. d. Wissensch. 1898. 1899 u. 1902; ferner WALLERANT, Bulletin de la Société française de Minéralogie. 1897.

c) Sonstige **Methoden.**

Einfachere, aber auch weniger genaue Methoden, eigentlich nur für isotrope Medien passend oder nur einen mittleren Br.-I. liefernd, gründen sich auf die Beobachtung

1. mittelst des Mikroskopes (Methode de DUC DE CHAULNES 1767).

Die Methode setzt planparallele durchsichtige Platten voraus, deren Dicke bekannt ist. Wenn man zwischen einen im Mikroskop scharf eingestellten Punkt (Staubkorn auf Objectträger) und das Objectiv die zu untersuchende Platte bringt, so wird das Bild des Punktes undeutlich oder verschwindet ganz und es bedarf einer Verschiebung des Tubus, um den Punkt wieder scharf zu sehen. Die Grösse d dieser Verschiebung hängt allein ab von der Dicke t der Platte und deren Br.-I. Somit kann man aus bekanntem d und t den Br.-I. berechnen, nämlich $n = \frac{t}{t-d}$.

Die Dicke der Platte wird mit dem Sphärometer, die Veränderung der Brennweite (Verschiebung des Tubus) mittelst der an der Mikrometerschraube des Mikroskops angebrachten Theilung gemessen.

(Cf. BAUER, Sitzungsbericht der Berliner Akademie 1875. S. 698.)

2. mittelst Messung des Polarisationswinkels.

Der Polarisationswinkel, dessen Tangente nach § 3 dieses Capitels gleich dem Br.-I. ist, lässt sich mit Hülfe des Reflexionsgoniometers und eines dem Beobachtungsfernrohr desselben eingefügten Nicols leicht auffinden. Bei dieser Methode, die anwendbar ist auf Platten isotroper Krystalle, werden die auf dem Goniometer justirte Platte und das Beobachtungsfernrohr so lange gegen einander verschoben, bis der beleuchtete und vom Object reflectirte Spalt vom Nicol vollständig ausgelöscht wird. Man stellt das Fernrohr einmal auf den Reflex, ein ander Mal direct auf den Spalt ein. Wenn α der Winkel der totalen Polarisation ist, so entspricht der gemessene Winkel $180 - 2\alpha$. Der Br.-I. n ist gleich $\operatorname{tg} \alpha$.

Trotz der ihr anhaftenden Mängel erweist die Methode sich als praktisch und bei ihrer schnellen Durchführbarkeit namentlich geeignet für stark brechende isotrope Krystalle wie Diamant und Blende, sowie zur leichten Unterscheidung geschliffener Diamanten und sonstiger Edelsteine von Glasflüssen etc.

3. mittelst Eintauchens in Flüssigkeiten von gleichem Br.-I.

Sobald man Mineralpartikel in Flüssigkeiten eintaucht, verlieren die Umrisse an Schärfe, und das um so mehr, je näher der Br.-I. der Flüssigkeit dem des Minerals liegt.

Darauf gründet sich eine von SCHROEDER VAN DER KOLK angegebene Methode, die im Princip darin besteht, dass man den fraglichen Mineralsplitter oder Dünnschliff nach einander mit Flüssigkeiten von verschiedenem, aber bekanntem Br.-I.

umhüllt, bis die Contouren verschwinden. Vergl. SCHRÖDER VAN DER KOLK, Kurze Anleitung zur mikroskopischen Krystallbestimmung. Wiesbaden 1898 und DERSELBE, Tabellen zur mikroskopischen Bestimmung der Mineralien nach ihrem Brechungsindex. Wiesbaden 1900.

Capitel IV.

§ 1. Polarisation und Doppelbrechung. § 2. Princip und Zweck der Polarisationsinstrumente. § 3. Farben dünner Blättchen. § 4. Herstellung von Polarisationsapparaten. Instrumente für paralleles und convergentes Licht. § 5. Stauroskop und stauroskopische Untersuchungen.

§ 1. Wie wir S. 150 gesehen haben, ist der Brechungsindex in isotropen Krystallen eine constante Zahl, während er in anisotropen Krystallen zwischen 2 Grenzwerthen je nach der Durchgangsrichtung des Lichtes alle möglichen Werthe annehmen kann.

Wenn ein Strahl gewöhnlichen Lichtes auf einen anisotropen Krystall fällt, so werden die bisher in allen Azimuthen vor sich gehenden Lichtschwingungen bei ihrem Eintritt in das anisotrope Medium auf verschiedene Brechbarkeit stossen. Wie die Erfahrung und die theoretische Herleitung lehren, setzen sich die Schwingungen nun nicht mehr in allen Azimuthen fort, sondern beschränken sich auf 2 Ebenen, nämlich jene beiden, in welchen die Brechbarkeit senkrecht zu der Fortpflanzung ihren grössten und ihren kleinsten Werth hat. Diese beiden Ebenen, die die engste Beziehung zur geometrischen Symmetrie des Krystalls aufweisen, stehen senkrecht auf einander und heissen optische Hauptabschnitte. Daraus ergeben sich 2 fundamentale Eigenschaften der optisch anisotropen Substanzen.

1. Durch anisotrope Substanzen wird das Licht in 2 auf einander senkrechten Richtungen vollständig polarisirt.

2. Anisotrope Substanzen erzeugen Doppelbrechung.

Denn weil die Schwingungen in 2 Ebenen vor sich gehen[1], in denen verschiedene Geschwindigkeit herrscht, so muss der Brechungswinkel r für denselben Strahl in beiden Schwingungsrichtungen verschieden sein, d. h. der zu Anfang einfache Strahl zerfällt im anisotropen Medium in 2 gesonderte.

Durch die beiden mit einander verknüpften Eigenschaften der Polarisation und Doppelbrechung sind die anisotropen Substanzen gut charakterisirt; sie liefern das Mittel zur Unterscheidung der anisotropen von den isotropen Krystallen.

Am auffälligsten zeigt sich die Erscheinung der Doppelbrechung am rhomboedrischen Kalkspath (daher auch Doppelspath genannt), an welchem sie von ERASMUS BARTHOLIN 1669 zuerst entdeckt wurde und wo sie wegen des grossen Unterschiedes der Br.-Indices (für die Linie D nach SARASIN in der Richtung der Hauptaxe $n = 1{,}6583$, in der Rich-

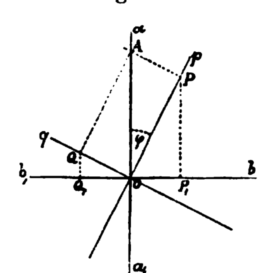
tung senkrecht zur Hauptaxe $n = 1{,}4864$)[1]) ohne weitere Hülfsmittel erkennbar wird. Auch durchsichtige Stücke des rhombischen Schwefels zeigen direct wahrzunehmende Doppelbrechung.

Durchweg ist jedoch der Unterschied der Br.-Indices in den verschiedenen Richtungen so unbedeutend, dass bei einer einmaligen Brechung die beiden Strahlen so nahe zusammenfallen, dass das blosse Auge sie nicht von einander zu trennen vermag. Alsdann gewährt aber die begleitende Erscheinung der Polarisation einen Rückschluss auf das Vorhandensein von Doppelbrechung und damit auch das Mittel zur Erkennung ansitroper Medien.

Allerdings vermag auch das blosse Auge polarisirtes Licht nicht unmittelbar zu erkennen; doch gelingt dies leicht mit Hülfe besonderer Instrumente, der Polarisationsapparate.

§ 2. Princip der Polarisationsapparate. — Wenn (Fig. 294) ein Lichtstrahl bezw. ein Bündel paralleler Strahlen (in der Fig. 294 durch den Eintrittspunkt o dargestellt), dessen Schwingungsebene durch $a\,a_{,}$ und dessen Intensität (Amplitude) durch die Länge $o\,A = A$ gegeben sind, durch eine anisotrope Platte hindurchgeht, so erfolgt, falls die Platte nicht senkrecht zur optischen Axe geschnitten ist, eine Zerlegung nach den beiden durch den elliptischen Schnitt der zugehörigen Indexfläche gelieferten Schwingungsebenen derselben. Diese seien op und oq, von denen op den Winkel φ, oq demnach den Winkel $90 - \varphi$ mit oa einschliessen mögen. Auf die Schwingungsebene op entfällt demnach

Fig. 294.



die Intensität $o\,P = A\,.\,cos\,\varphi$, während für $o\,q$
die Intensität $o\,Q = A\,.\,sin\,\varphi$ ist.

Wird das nunmehr in den beiden Ebenen op und oq schwingende Licht veranlasst, durch eine zweite Platte hindurchzugehen, die nur Schwingungen in der Richtung $b\,b_{,}$, welche senkrecht auf $a\,a_{,}$ steht, hindurchlässt, so findet eine abermalige Zerlegung statt, und zwar entfällt auf die Richtung $o\,b$

die Intensität $o\,P_{,} = o\,P\,.\,sin\,\varphi = A\,.\,cos\,\varphi\,.\,sin\,\varphi$

und auf die Richtung $o\,b_{,}$

die Insensität $o\,Q_{,} = o\,Q\,.\,cos\,\varphi = A\,.\,sin\,\varphi\,.\,cos\,\varphi$,

d. h. nach dem Durchgange durch die zweite Platte ist die Intensität beider Schwingungen gleich gross, aber die Schwingungen erfolgen in

[1]) Am Quarz liegen die beiden Br.-Indices nur zwischen 1,544—1,553.

entgegengesetzten Richtungen. Sie können also nunmehr interferiren und werden sich völlig auslöschen, wenn beide Schwingungen oP_1 und oQ_1 auf dem Wege durch die Platte eine Differenz von $\frac{1}{2}\lambda$ erlangt haben. Andererseits zeigt sich aus den aufgestellten Gleichungen, dass sowohl für $\varphi = 0$, wie für $\varphi = 90^0$ die Intensität in der Richtung bb_1 gleich Null wird, dass also kein Licht durch die zweite Platte hindurchtritt. — Die unter den geschilderten Verhältnissen eintretenden Interferenzerscheinungen anisotroper Platten sind es nun, die deren Erkennung als polarisirende und doppelbrechende Medien sehr leicht machen.

Vorrichtungen, durch die gewöhnliches Licht auf eine einzige Schwingungsebene gebracht, also polarisirt wird, heissen Polarisationsapparate. Dieselben setzen sich aus 2 gleichen und gleich wirkenden Theilen, dem Polarisator und dem Analysator zusammen. Beim Gebrauch werden beide gekreuzt, d. h. ihre Schwingungsebenen senkrecht zu einander gestellt und die zu untersuchende Krystallplatte zwischen beide geschoben. Der Polarisator wandelt das in ihn eintretende Licht in polarisirtes um. Dieses passirt die Krystallplatte, wobei sich seine Schwingungen im Allgemeinen nach 2 neuen Richtungen zerlegen, die alsdann aber durch den gekreuzt stehenden Analysator auf eine einzige Schwingungsebene zurückgeführt werden und somit zur Interferenz gelangen.

Gehört die zu untersuchende Krystallplatte einem isotropen Mineral an, so wird bei jeder beliebigen Orientirung der zwischen senkrecht gekreuzten Polarisator und Analysator geschobenen Platte das aus dem Polarisator kommende Licht mit derselben Schwingungsebene auch durch das Mineral hindurchgehen, nun aber, da $\varphi = 90^0$ geworden, nicht mehr vom Analysator hindurchgelassen. Ein isotroper Krystall wird also in jeder Lage bei senkrecht auf einander stehendem (gekreuztem) Polarisator und Analysator dunkel erscheinen.

Wenn dagegen eine anisotrope Platte eingeschoben war, so wird nur für den Fall, dass deren Schwingungsrichtungen so orientirt sind, dass $\varphi = 0$ oder $\varphi = 90^0$ ist, Auslöschung stattfinden, in allen anderen Stellungen wird die Platte Licht hindurchlassen. Anisotrope Krystalle werden daher bei gekreuztem Polarisator und Analysator während einer vollen Umdrehung von 360^0 viermal dunkel erscheinen, dazwischen aber hell.

Die oben für senkrecht gekreuzte Polarisator und Analysator abgeleiteten Gleichungen bilden nur einen speciellen, aber in der Praxis allgemein angewendeten Fall des allgemeineren, dass beide unter dem beliebigen Winkel ψ gekreuzt sind. Alsdann wird die Intensität in der Richtung $ob = A \,.\, cos\, \varphi \,.\, cos\, (\varphi - \psi)$ und in der entgegengesetzten Richtung $ob_1 = A \,.\, sin\, \varphi \,.\, sin\, (\varphi - \psi)$. Die Interpretation dieser Gleichungen ergiebt, dass für keinen anderen Werth von ψ als 90^0 die Intensität gleich Null wird, d. h. bei beliebig gekreuztem Polarisator und Analysator tritt weder für isotrope noch anisotrope Medien jemals völlige Dunkelheit ein.

§ 3. **Farben dünner Blättchen (Interferenzfarben).** Wenn an Stelle des bisher vorausgesetzten homogenen Lichtes weisses Licht bei gekreuztem Polarisator und Analysator senkrecht durch ein dünnes planparalleles Mineralblättchen fällt, so wird zwar auch für $\varphi = 0^0$ und 90^0 völlige Dunkelheit eintreten müssen, für jeden anderen Werth von φ aber erscheint das Blättchen nicht bloss hell, sondern auch farbig.

Denn die einzelnen Farben des weissen Lichtes werden bei ihrem Weg durch das Krystallblättchen mit der Doppelbrechung zugleich einen Gangunterschied erleiden müssen, der bei der Interferenz im Analysator dazu führt, dass einzelne Farben sich verstärken, andere sich schwächen oder ganz aufheben. Erleiden für eine bestimmte Dicke der Platte etwa die rothen Strahlen einen Gangunterschied von einer ungeraden Anzahl halber Wellenlängen, so werden dieselben völlig ausgelöscht, die dem Roth nahe liegenden Farben werden geschwächt, während die violetten Strahlen, die mehr oder minder einen Gangunterschied von einer geraden Anzahl $\frac{\lambda}{2}$ erfahren haben, sich verstärken und nun die Platte in einer Mischfarbe, in der das Violette vorwiegt, erscheinen lassen.

Da die Intensität am grössten ist für $\varphi = 45^0$, so wird dann auch die Farbe der Platte am leuchtendsten sein, während für φ, wenn es sich 0^0 oder 90^0 nähert, eine Abnahme in der Intensität der Färbung eintritt bis zur völligen Verdunklung bei 0^0 und 90^0.

Während durch Veränderung von φ nur eine Aenderung der Intensität erfolgt, wechselt bei einer Veränderung des Winkels zwischen Polarisator und Analysator auch die Farbe des Blättchens. Sind Polarisator und Analysator mit einander parallel, so weist das Blättchen die Complementärfarben zu jenen der Kreuzstellung auf, da dann gerade die Farben verstärkt werden, die zuvor geschwächt oder aufgehoben wurden.

Ebenso ändern sich die Farben mit der Dicke der Platte, da von derselben der Gangunterschied abhängt. Gypsplättchen von 0,13 mm erscheinen purpur, von 0,14 mm blau, von 0,16 mm grün und von 0,18 mm roth.

Wenn demnach die zu untersuchende dünne Platte nicht von parallelen, sondern von convergirenden Flächen begrenzt wird, also ungleich dick ist, so müssen sich bei Anwendung weissen Lichtes die Interferenzfarben streifenweise wiederholen und bei homogenem Licht dunkle Banden mit helleren abwechseln. Ist die Platte aber planconvex oder biconvex, so folgen die Interferenzfarben bezw. die hellen und dunkleren Banden in concentrischer Reihenfolge auf einander.

Derselbe Effect, der hervorgebracht wird, wenn parallele Strahlen in keilförmigen Platten verschiedene Weglängen zu durchlaufen haben, lässt sich auch dadurch erzielen, dass durch ein Linsensystem (Condensor)

stark convergent gemachte polarisirte Lichtstrahlen eine planparallele Platte durchziehen. Die dabei entstehenden farbigen Ringe bei Anwendung weissen Lichts, dunklere und hellere Ringe bei Anwendung homogenen Lichts heissen Interferenzfiguren; sie dienen, wie wir später sehen werden, zur Unterscheidung der optisch einaxigen von den optisch zweiaxigen Krystallen.

Der zur Auslöschung einer Farbe benöthigte kleine Gangunterschied setzt entsprechend dünne Platten voraus. Bei dickeren Platten tritt für Farben der verschiedensten Wellenlängen Interferenz bis zum völligen Auslöschen ein, sodass die Platte, deren Färbung ja aus der Vermischung der nicht aufgehobenen Wellenlängen hervorgeht, wieder in weissem Licht erscheint, das als Weiss höherer Ordnung bezeichnet wird. Dieses Weiss höherer Ordnung tritt um so früher auf, je stärker die Doppelbrechung in der Platte ist, doch auch schon beim Quarz, der relativ schwach doppelbrechend ist, zeigen Platten von 0,5 mm Dicke keine Farben mehr.

Die Farben dünner Plättchen sind um so intensiver, jemehr die Br.-Indices in den beiden Hauptschnitten derselben von einander abweichen; es kann also unter Umständen — und der Fall ereignet sich bei Dünnschliffen häufiger — ein und dasselbe Mineral, je nach der Lage des elliptischen Schnitts in der Platte, stark leuchtende oder matte Farben zeigen. Im letzteren Fall und ebenso bei jenen Mineralien, die überhaupt nur schwache Doppelbrechung besitzen, vermag das Auge nicht immer den Unterschied von einfach und doppelbrechenden Substanzen zu erkennen, und es bedarf daher einer Verstärkung des farbigen Effectes. Man fügt dann noch eine andere anisotrope Platte hinzu, die im Polarisationsapparat eine bestimmte Farbe zeigt, welche empfindlich genug ist, um bei der geringsten Aenderung ihrer Orientirung zu den Nicolhauptschnitten in eine andere Farbe überzugehen.

Als derartige Platten werden benutzt Gypsplatten von der Dicke, dass das Roth I. Ordn. sichtbar ist, oder eine Quarzplatte, die auf die Sensitivfarbe eingestellt ist (s. Cap. V, § 5).

§ 4. Herstellung der Polarisationsapparate. Durch die in § 2 im Princip und nach ihrer Wirkung erläuterten Instrumente wird also eine Erkennung der doppelbrechenden Substanzen herbeigeführt. Es handelt sich nunmehr um das Verfahren, nach welchem Polarisatoren, d. h. Apparate hergestellt werden können, die das eintretende gewöhnliche Licht in polarisirtes umwandeln.

Solche Polarisatoren können in verschiedener Weise gewonnen werden.

1. durch Reflexion.

Spiegelnde Flächen, unter dem Polarisationswinkel gegen die einfallenden Lichtstrahlen aufgestellt, reflectiren in einer Richtung senkrecht auf der Einfallsebene schwingendes Licht. (Ursprünglicher Nörremberg'sche Apparat.) Gewöhnlich bedient man sich dazu eines Glasplattensatzes, der durch wiederholte Reflexion an den auf einander geschichteten Platten das auffallende Licht am sichersten in polarisirtes überführt.

2. durch Brechung.

Das Licht fällt durch ein Packet auf einander geschichteter Glasplatteu, wodurch es in Folge wiederholter Brechung vollständig polarisirt wird und in der Einfallsebene schwingt. (Steeg's Abänderung des Nörremberg.)

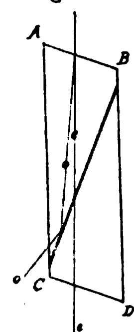
3. durch Absorption.

Es giebt eine Reihe anisotroper Krystalle, die eine der beiden in ihnen fortschreitenden Wellen beträchtlich stärker absorbiren (s. Cap. VI, § 4. Pleochroismus). Am auffälligsten ist dieses Verhalten bei dunkel gefärbten Turmalinen. Eine Platte desselben parallel zur Hauptaxe absorbirt die ordentliche Welle vollständig, während die ausserordentliche ungehindert hindurchgeht. Die austretenden Schwingungen erfolgen parallel der Hauptaxe. Turmalinzange (2 derartige Turmalinplatten sind drehbar in den ringförmig umgebogenen, sich gegenüberstehenden Enden einer aus dickem Draht federnd gebogenen Zange gefasst).

4. durch Totalreflexion.

Aus einem klaren Spaltungsrhomboeder des Kalkspaths, bei dem jede Fläche mit der nicht in ihrer Ebene liegenden stumpfen Kante einen Winkel von 71° bildet, wird dieser Winkel durch Abschleifen der Fläche auf 68° erniedrigt, sodass im Querschnitt (Fig. 295) der Rhombus $ABCD$ gebildet wird, in welchem bei A der Winkel von 68° liegt; alsdann wird das Rhomboeder so durchschnitten, dass die Schnittlinie senkrecht auf den künstlichen Flächen AB und CD steht, die beiden Hälften werden aber in derselben Lage mit Canadabalsam wieder an einander gekittet. Der Br.-I. des Balsams ($n = 1{,}549$) ist kleiner als der des ordentlichen ($\omega = 1{,}658$), grösser als der des ausserordentlichen Strahls ($\varepsilon = 1{,}483$ für Strahlen senkrecht zur Hauptaxe); in Folge dessen wird beim Durchgange des Lichtes der ordentliche Strahl an der optisch dünneren Balsamschicht total reflectirt und durch die geschwärzten Seiten des Prismas absorbirt.

Fig. 295.



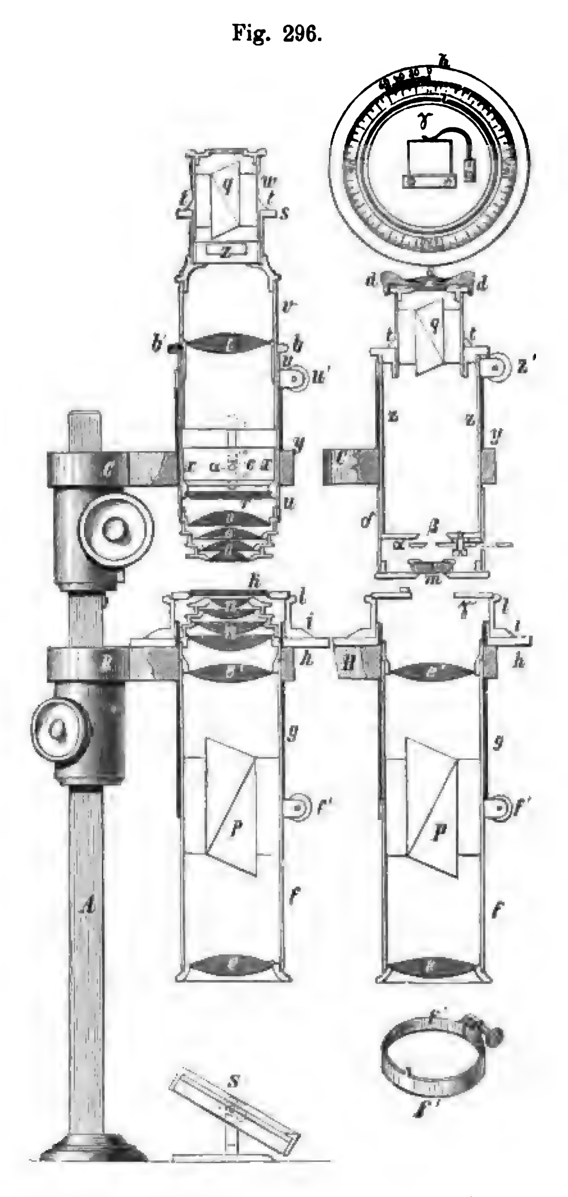
Die Schwingungen des austretenden ausserordentlichen Strahls liegen im Hauptschnitt, d. h. erfolgen parallel der kürzeren Diagonale der das Prisma oben und unten begrenzenden Rhomben. Nicol-sches Prisma oder Nicol (1828).

Die Vortheile der Nicols vor allen übrigen Polarisatoren bestehen in der bequemen Form und im ungefärbten Licht, daher werden sie für mineraloptische Untersuchungen fast ausschliesslich angewendet. Durch etwas veränderte Constructionen lassen sich auch die Mängel des kleinen Gesichtsfeldes und der schrägen Stellung der Fläche AB, welche einen Theil des einfallenden Lichtes von vornherein reflectirt, beseitigen (Nicol von Hartmann-Prazmowski).

Durch die Verbindung zweier Polarisatoren mit einander, zumeist zweier Nicols, von denen der eine als Polarisator, der andere als Analysator wirkt, wie in Fig. 296 oder durch Verbindung eines reflectirenden Glasplattensatzes als Polarisator mit einem Nicol als Analysator wie in Fig. 297, erhält man ein Polarisationsinstrument, das neben der Feststellung etwaiger Doppelbrechung noch zu vielen anderen krystalloptischen Untersuchungen dient. Da Platten anisotroper Mineralien charakteristische

Interferenzfiguren erzeugen, wenn man sie im convergent polarisirten Licht betrachtet, so werden neben Polarisationsapparaten, in welchen die Lichtstrahlen möglichst parallel ihren Weg durch das Instrument nehmen, auch solche gebraucht, in welchen die Lichtstrahlen sehr stark convergirend durch das zu untersuchende Object gehen. Damit wird nämlich, wie schon S. 164 hervorgehoben wurde, dasselbe erreicht, als wenn die Platte die verschiedenste Dicke hätte: es müssen also farbige Curven auftreten. — Somit hat man ein Polarisationsinstrument für paralleles und ein solches für convergentes Licht zu unterscheiden.

Fig. 296.



1. Polarisationsinstrument für paralleles Licht. Fig. 296, *rechts*.

Das Stativ *A* trägt vermittelst der beiden verschiebbaren Arme *B* und *C* die beiden Messingtuben *g* und *y*.

In *g* sitzt drehbar eine weitere Röhre *f*, in welcher sich die beiden Linsen *e* und *e*, und zwischen diesen in deren Brennweite das polarisirende Prisma *p* befinden, wodurch die vom Spiegel *S* durch den Nicol fallenden Lichtstrahlen polarisirt und parallel gemacht werden.

Ueber den Rand des Rohrs bei *h* lässt sich eine Hülse *l* stülpen, deren gläserne Deckplatte als Objectträger dient, und deren Drehung um die Verticalaxe auf dem fest stehenden Noniuskreis *h* bei *i* abgelesen werden kann.

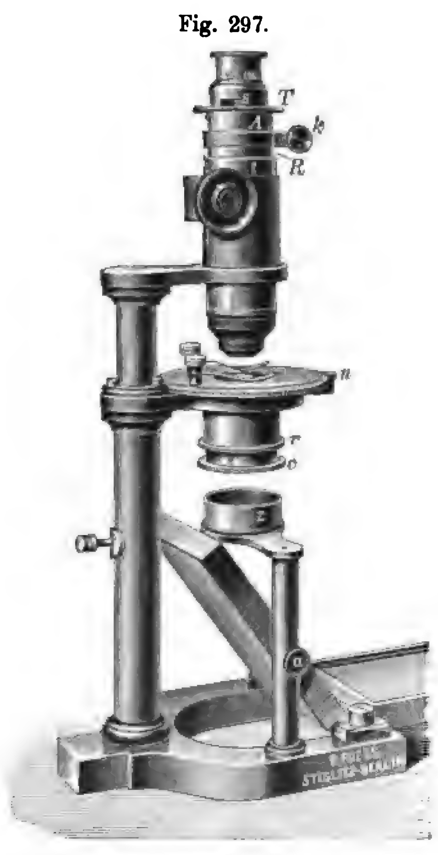
In dem Tubus *y* befindet sich ebenfalls ein Einsatzrohr *z*, über welchem drehbar der analysirende Nicol *q* steht, dessen Orientirung auf einer Kreistheilung bei *t* bewirkt werden kann. — Um den einzelnen in einander geschobenen Röhren eine feste Stellung zu einander geben zu können, sitzen an demselben Anschlagringe bei *z'*

und $f_{,}$, von denen einer unter dem Instrument besonders abgebildet ist. Die weiteren Einzelheiten der Figur dienen für die stauroskopische Untersuchung und finden dort ihre Besprechung.

2. Polarisationsinstrument für convergentes Licht. Fig. 296, *links.*

Für die Untersuchung im convergenten Licht dient dasselbe Instrument mit der Abänderung, dass dem unteren Tubus oberhalb der Linse *e*, ein System (Condensorsystem) von 4 Sammellinsen (*n*) eingefügt ist, während das Rohr *Z* durch das Rohr *b* ersetzt ist, das ebenfalls 4 Sammellinsen (*o*) und ausserdem in besonderer Fassung *v* die Ocularlinse *t* trägt. Durch die Linsensysteme *n* und *o* wird stark convergirendes Licht erzeugt; durch Abschrauben einzelner Linsen kann jedoch auch die Brennweite vergrössert werden. Innerhalb der Brennweite von *o* befindet sich noch ein Glasmikrometer (unmittelbar über *o*). Bei *z* kann ein zur Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung dienender Quarzkeil oder ein Viertelundulationsglimmerblättchen, von denen später die Rede sein wird, eingeführt werden. —

Fig. 297.



Dem eben geschilderten Instrument entspricht in der Hauptsache das in der Fig. 297 dargestellte, das aber einige praktische Verbesserungen namentlich eine Vergrösserung des Gesichtsfeldes aufweist. Es ist für convergentes Licht eingerichtet; das dazu erforderliche Condensorsystem befindet sich in der in *r* steckenden Röhre *c*, kann aber durch Ausschaltung des Condensorsystems für paralleles Licht umgewandelt werden. In dem abhebbaren Rohrstutzen *z* ist eine Linse gefasst, welche dazu bestimmt ist, das Sehfeld möglichst gleichmässig zu erleuchten. Die Fassung dieser Linse ist von derjenigen des Condensors getrennt, um durch Auflegen auf dieselbe bequem farbige Gläser oder sonstige Lichtfilter und ferner Glimmerblättchen in den Strahlengang einschieben zu können. An Stelle des unteren Nicols fungirt ein reflectirender Glasplattensatz als Polarisator.

Das petrographischen Zwecken dienende Mikroskop, das mit 2 Nicols ausgerüstet ist, von denen der Analysator abnehmbar ist, während der Polarisator in einer Hülse unterhalb des drehbaren und mit Theilkreis versehenen Objecttisches sitzt, gestattet die Verwendung als Instrument für paralleles Licht ohne Weiteres. Um es auch für die Beobachtung im convergenten Licht gebrauchen zu können, wird das Ocular entfernt und auf den unteren Nicol eine Linse (Condensorlinse) aufgesetzt. Zur Vergrösserung der Bilder dient eine über dem Objectiv eingeschaltete Linse, die Bertrand'sche Linse.

§ 5. Ueber die vielfältige Anwendung der beiden Polarisationsinstrumente wird das folgende Capitel Näheres bringen, hier bei der allgemeinen Besprechung der Instrumente ist aber zuvor noch die Anwendung des Polarisationsapparates für paralleles Licht als Stauroskop zu erörtern.

Durch die Beobachtung im parallelen Licht wird es möglich, die sogen. Auslöschungsschiefe zu bestimmen, d. h. den Winkel, den die Hauptschnitte einer Krystallplatte mit einer in derselben gelegenen Kante machen. Derartige Untersuchungen heissen stauroskopische und können unter anderem zur Bestimmung des Krystallsystems dienen in Fällen, wo dies aus Mangel geometrischer Begrenzung nicht möglich ist. Das gilt namentlich für petrographische Untersuchungen, bei welchen die Mineralien nur in Dünnschliffen vorliegen.

Nach § 2 findet dann in einer Krystallplatte völlige Auslöschung statt, sobald die Schwingungsrichtungen der Nicols, deren Lage durch das Fadenkreuz markirt wird, zusammenfallen mit den Polarisationsebenen in der untersuchten Krystallplatte. Somit ist es wenigstens im Princip eine einfache Aufgabe, die Lage der Schwingungsrichtungen einer anisotropen Krystallplatte zu ermitteln und diese durch Beziehung auf geradlinige Umrisse der letzteren oder auf hindurchgehende Spaltrisse zahlenmässig auszudrücken. Ist der Winkel 0 oder 90°, den die Nicolfäden mit geradlinigen Umrissen oder Spaltrissen der Krystallplatte in dem Augenblick bilden, wo das Maximum der Auslöschung eintritt, so nennt man diese eine gerade Auslöschung, andernfalls eine schiefe Auslöschung.

Die Bestimmung des Auslöschungswinkels ist deshalb von besonderer Wichtigkeit, weil die Polarisationsebenen enge Beziehungen zu der geometrischen Symmetrie des Krystallsystems der Krystallplatte aufweisen; sie fallen mit den Symmetrielinien der Krystallplatte zusammen. Daher ergiebt sich im Besonderen die Möglichkeit, innerhalb der optisch 2-axigen Krystallsysteme, wo die vorhandenen Symmetrieebenen verschiedene Orientirung zu den Polarisationsebenen haben, auf optischem Wege eine Unterscheidung zwischen den Krystallen des rhombischen, des monoklinen und des triklinen Systems zu treffen. Im rhombischen System fallen die 3 Axenebenen mit Polarisationsebenen zusammen, daher wird auf allen Pinakoiden und Prismen die Auslöschung eine gerade sein; im monoklinen System ist nur noch die Auslöschung der in der Zone der Orthoaxe liegenden Flächen bezw. Krystallplatten eine gerade und im triklinen System giebt es überhaupt nur schiefe Auslöschungen.

Da die schiefe Auslöschung auf correspondirenden Krystallflächen der gleichen Mineralspecies nur innerhalb gewisser Grenzen zu schwanken pflegt, so dient der Auslöschungswinkel nicht selten zur bequemen Unter-

scheidung sonst ähnlicher Mineralien, wie es z. B. beim Augit und der Hornblende der Fall ist.

Da ferner die Auslöschungsschiefe abhängt von der chemischen Constitution, so findet sie auch mit Vortheil Verwendung bei der Erkennung und Auseinanderhaltung der einzelnen Glieder isomorpher Reihen im monoklinen und triklinen System; den ausgezeichnetsten Gebrauch macht man davon bei den Mineralien der Plagioklasgruppe.

Endlich dienen die genannten Untersuchungen auch zur sicheren und schnellen Erkennung von Zwillingen bezw. des Zwillingsbaues anisotroper Krystalle. Die einzelnen Individuen eines Zwillings sind naturgemäss, wenn derselbe in Plattenform zwischen gekreuzte Nicols gebracht wird, gegen deren Schwingungsebenen verschieden orientirt, werden daher verschiedene Interferenzfarben aufweisen, oder bei Dunkelstellung eines Individuums wird das anstossende in Zwillingsstellung befindliche Individuum mehr oder minder erhellt erscheinen. So erkennt man mit einem Blick die Zwillingsstructur der Plagioklase und des Leucits u. a. M. zwischen gekreuzten Nicols, wo dies sonst äusserlich nicht immer leicht ist.

Zur sicheren Bestimmung der geraden oder schiefen Auslöschung und genauen Messung des schiefen Auslöschungswinkels kommt es wesentlich darauf an, dass der Eintritt des Maximums der Dunkelheit scharf erkannt wird. Da die Lichtintensität bei der Drehung der Objectplatte allmählich abnimmt und ebenso wieder zunimmt, so hängt die Beurtheilung, ob das Maximum der Dunkelheit gerade eingetreten ist, viel vom subjectiven Ermessen ab. Um sich in dieser Beziehung unabhängig und die Auslöschung für das Auge deutlich wahrnehmbar zu machen, hatte v. Kobell (1855) dem Instrumente eine senkrecht zur optischen Axe geschnittene Kalkspathplatte beigegeben, deren Interferenzfigur, ein schwarzes Kreuz (daher der Name Stauroskop) zwischen concentrischen Farbenringen, vollständig symmetrisch erschien, sobald die Hauptschnitte der Nicols mit denen der Platte genau zusammenfielen, aber bei einer Abweichung in ihrer Symmetrie sofort gestört war. Diese Vorrichtung genügt aber nicht völlig der Anforderung, ebenso wenig wie die von Brezina angegebene Doppelplatte, bei der 2 keilförmig geschliffene Kalkspathplatten über einander liegen. Weitaus sicherer wirken die sogen. Halbschattenapparate, die auf der ungleichen Lichtintensität nicht symmetrisch zu den Schwingungsrichtungen der Nicols gestellter Zwillinge beruhen. Hierher gehört die Calderon'sche Platte, die aus einem künstlichen, plangeschliffenen Kalkspathzwilling besteht, dessen beide Hälften bei der geringsten Abweichung der Nicolhauptschnitte von denen der zu untersuchenden Objectplatte deutlich verschiedene Lichtintensität aufweisen. Ganz analog wirkt die Bertrand'sche Platte, ein künstlicher Quarzvierling, aus 2 rechts- und 2 linksdrehenden Individuen zusammen-

gesetzt, bei der die mangelnde Coincidenz zwischen den Polarisationsebenen der Nicols und der Objectplatte sich durch verschiedene Färbung der 4 Felder zu erkennen giebt.

Alle die genannten Apparate werden entweder mit dem oberen Nicol des Oculars fest verbunden oder sie werden einfach dem oberen Ocular aufgelegt.

Bei dem auf S. 167 u. 168 geschilderten Polarisationsinstrument (cf. Fig. 296, rechts) geschieht die Verbindung der stauroskopischen Platten mittelst der übergeschobenen Hülse *δ*, *m* ist die Platte, *α* und *β* sind 2 Diaphragmen. Damit die Erscheinung gut sichtbar ist, wird dem Analysator noch eine besondere Linse *ε* in der Fassung *d* aufgesetzt. Die Messung der Auslöschungsschiefe wird dadurch erleichtert und genauer, dass die zu untersuchende Platte mit der charakteristischen Kante durch eine Feder gegen eine auf dem Objectträger befindliche Leiste angepresst wird (cf. den besonders abgebildeten Objectträger oberhalb des Instrumentes in Fig. 296, rechts). Steht diese Leiste zuerst einem Nicol-Hauptschnitt parallel und wird nun dieselbe mit dem beweglichen Objectträger soweit herumgedreht, bis die beiden Hälften der CALDERON'schen oder sonstigen stauroskopischen Platte gleichmässig gefärbt sind, so entspricht diese Drehung der Auslöschungsschiefe, die nunmehr an dem feststehenden Theilkreis *h* abgelesen werden kann.

Capitel V.

§ 1. Eintheilung der Krystalle in 7 optische Klassen. § 2. Charakteristik der optisch isotropen Medien. § 3. Charakteristik der optisch einaxigen Krystalle. § 4. Charakteristik der optisch zweiaxigen Krystalle. § 5. Die circularpolarisirenden Krystalle. § 6. Die optischen Anomalien.

§ 1. Eintheilung der Krystalle in 7 optische Klassen. Während die Krystalle nach ihrer geometrischen Symmetrie in 32 Klassen zerfallen, lassen sich nach der Symmetrie ihrer optischen Eigenschaften nur 7 Klassen unterscheiden. Für die Unterscheidung und Charakterisirung derselben können ebenfalls Symmetrieebenen und Symmetrieaxen herangezogen werden, zu denen sich die optischen Eigenschaften symmetrisch gruppiren. Ausserdem kommt dafür noch die Axe der Isotropie in Betracht, das ist eine Richtung von der Eigenschaft, dass alle durch sie gelegten Ebenen gleiche Schnitte der Indexfläche bezw. des FRESNEL'schen Ellipsoids erzeugen.

Eine Uebersicht über die 7 optischen Klassen folgt nachstehend:

I. Abtheilung. Optisch isotrope Krystalle.

Jeder Durchmesser der Indexfläche ist eine Axe der Isotropie.

1. Klasse. Jede Ebene ist eine optische Symmetrieebene; jede Gerade ist eine optische Axe. Ausgezeichnet durch einfache Brechung.

2. Klasse. Keine optische Symmetrieebene, dagegen ist jede Gerade eine optische Axe. Ausgezeichnet durch Circularpolarisation.

II. Abtheilung. Optisch anisotrope Krystalle.

A. Optisch einaxige Krystalle.

Mit einer Axe der Isotropie, die mit der optischen Axe zusammenfällt.

3. Klasse. Jede durch die optische Axe hindurchgehende, sowie die auf ihr senkrecht stehende Ebene ist optische Symmetrieebene.

4. Klasse. Keine optische Symmetrieebene. Ausgezeichnet durch Circularpolarisation in der Richtung der optischen Axe.

B. Optisch zweiaxige Krystalle.

Ohne Axe der Isotropie.

5. Klasse. 3 senkrecht auf einander stehende optische Symmetrieebenen, deren Durchschnitte 3 Symmetrieaxen geben.

6. Klasse. 1 optische Symmetrieebene und 1 darauf senkrechte Symmetrieaxe.

7. Klasse. Keine optischen Symmetrieebenen und keine Symmetrieaxen.

Die Bedeutung der vorstehend aufgeführten 7 Klassen, die nach ihrem optischen Verhalten scharf unterschieden sind, liegt darin, dass sie mit bestimmten geometrischen Symmetrieklassen correspondiren und somit deren Erkennung auf optischem Wege bewirken lassen. So entsprechen die optischen Klassen 1 und 2 dem regulären System, die Klassen 3 und 4 entfallen auf die Krystalle des hexagonalen und tetragonalen Systems, Klasse 5 entspricht dem rhombischen, Klasse 6 dem monoklinen und Klasse 7 dem triklinen System.

In der nachfolgenden Charakterisirung der optischen Abtheilungen und Klassen sind zunächst die 5 Klassen 1, 3, 5, 6 und 7 behandelt, weil diese fast die Gesammtheit der krystallisirten Mineralien umfassen. Die beiden circularpolarisirenden Klassen 2 und 4 finden unter den Mineralien nur Vertreter im Quarz und Zinnober; sie erscheinen daher gewissermassen als Ausnahmen; ihre Besonderheiten finden im § 5 dieses Capitels Besprechung.

Zur Beobachtung und Untersuchung der optischen Eigenschaften der Krystalle werden aus denselben durch Schneiden und Schleifen nach bestimmten Richtungen orientirte planparallele Platten oder durch Ausnützung der natürlichen Spaltflächen Spaltblättchen hergestellt. An Stelle dieser oft sehr umständlichen Herstellungsart ist unlängst von C. Klein (Ueber eine Methode, ganze Krystalle oder Bruchstücke derselben zu Untersuchungen im parallelen und im convergenten polarisirten Lichte

zu verwenden. Sitzungsbericht d. kgl. Pr. Akad. d. Wiss. 1890, S. 347, siehe auch ibid. 1890, S. 703) ein weit allgemeineres und bequemeres Verfahren in Vorschlag gebracht und angewendet worden, welches auf dem Princip beruht, dass ganze Krystalle oder Bruchstücke derselben trotz relativ beträchtlicher Dicke und des Vorhandenseins verschiedener Begrenzungsflächen und Kanten die Wahrnehmung des optischen Verhaltens (Auslöschung, Interferenzfiguren, Lage der optischen Axen, optische Structur, Pleochroismus etc.) gestatten, sobald sie in ein Medium von nahezu gleichem Br.-I. getaucht sind, da dadurch die sonst hinderliche Totalreflexion beseitigt wird. Als solche Medien empfiehlt Klein Canadabalsam ($n = 1{,}536$), Kaliumquecksilberjodid (bei spec. Gew. $= 3{,}16$ ist $n_D = 1{,}726$, durch Verdünnung mit Wasser ist n zu erniedrigen), Methylenjodid (bei 16° C. ist $n_D = 1{,}741$; durch Benzol kann n erniedrigt werden). — Zur Ausführung wird der Krystall, so wie er ist, in der zu untersuchenden Stellung mit Wachs, zähem Canadabalsam etc. auf einem Objectträger fixirt, darüber der Abschnitt einer Glasröhre gestülpt und letztere mit einem passenden Medium aufgefüllt.

§ 2. **I. Abtheilung. Optisch isotrope Medien.** Hierher gehören alle regulär krystallisirenden Mineralien; ausserdem weisen auch die amorphen Substanzen das gleiche optische Verhalten auf.

Da die wenigen circularpolarisirenden Substanzen dieser Abtheilung unter den Mineralien keine Vertreter haben, so deckt sich diese Abtheilung mit Klasse 1.

Die Indexfläche ist eine Kugel, d. h. die Brechungsindices bezw. Fortpflanzungsgeschwindigkeiten des Lichtes sind von der Richtung unabhängig. Ein eintretender Lichtstrahl erleidet einfache Brechung, und für die Strahlenfläche folgt, dass dieselbe ebenfalls durch eine Kugel repräsentirt wird.

Bei gekreuzten Nicols sowohl im parallel wie im convergent polarisirten Licht herrscht bei jeder Orientirung der Krystallplatte Dunkelheit. — Die Bestimmung des einen Brechungsindex erfolgt nach den auf S. 152—160 beschriebenen Methoden.

Für die Unterscheidung amorpher Mineralien von regulär krystallisirten ist der Mangel oder das Vorhandensein krystallographischer Begrenzung und einer irgendwie beschaffenen Structur massgebend.

Brechungsindices einiger regulär krystallisirenden Mineralien. Diamant. $n = 2{,}407$ (roth), $= 2{,}417$ (gelb), $= 2{,}427$ (grün). Zinkblende. $n = 2{,}341$ (roth), $= 2{,}369$ (gelb). Flussspath. $n = 1{,}435$ (gelb). Steinsalz. $n = 1{,}5442$ (gelb). Spinell. $n = 1{,}72$ (gelb). Alaun. $n = 1{,}4563$ (gelb). Granat (Pyrop). $n = 1{,}79$ (roth).

§ 3. **II. Abtheilung. Optisch anisotrope Medien.** Optisch einaxige Krystalle. Hierher gehören die Krystalle des hexagonalen und tetragonalen Systems oder die oben genannten Klassen 3 und 4, von denen die Klasse 4 als circularpolarisirend hier aber zunächst ausser Betracht bleibt. Sie haben eine Axe der Isotropie, die mit der optischen Axe zusammenfällt.

A. Allgemeine Eigenschaften.

In allen Richtungen tritt Doppelbrechung ein mit Ausnahme der einen Richtung der optischen Axe.

Die Indexfläche ist ein Rotationsellipsoid, dessen Rotationsaxe mit der optischen Axe, d. h. der krystallographischen Vertical- oder Hauptaxe zusammenfällt. Nach S. 148 ist die Indexfläche geeignet zur Bestimmung der Brechungsindices bezw. der Geschwindigkeiten und der Schwingungsrichtungen eines in einem anisotropen Medium sich fortbewegenden Lichtstrahles. Alle in einem solchen Ellipsoid möglichen Schnitte stimmen darin überein, dass eine der beiden senkrecht auf einander stehenden Axen constant ist, während die Grösse der anderen Axen von der Lage des Schnittes abhängt, sich also mit der Fortpflanzungsrichtung des Lichtstrahls ändert.

Daraus geht hervor, dass von den in allen anisotropen Richtungen auftretenden beiden Lichtstrahlen der eine parallel der allen Schnitten gemeinsamen Axe schwingt, demnach also mit constanter Geschwindigkeit fortschreiten muss, während der andere Strahl, der senkrecht zum ersten schwingt, je nach seiner Richtung eine wechselnde Fortpflanzungsgeschwindigkeit annimmt. Immer aber besitzen alle Strahlen, die symmetrisch um die Hauptaxe gruppirt sind, die gleiche Fortpflanzungsgeschwindigkeit.

Der erste der beiden Strahlen heisst der ordentliche; er besitzt einen Br.-Index, welcher von der Richtung unabhängig ist und demjenigen des in der Richtung zur optischen Axe fortschreitenden, also senkrecht dazu schwingenden einfachen Lichtstrahls entspricht; der andere heisst der ausserordentliche Strahl; die Grösse seines Br.-Index wechselt mit der Richtung; er erreicht einen grössten oder kleinsten Werth in der Fortpflanzungsrichtung senkrecht zur optischen Axe und ist in allen mit Bezug zur Hauptaxe symmetrischen Richtungen der gleiche.

Die Gestalt der Indexfläche ist bestimmt, sobald ω, der Br.-Index des ordentlichen Strahles und ε, der Br.-Index desjenigen ausserordentlichen Strahles, der sich in der Richtung senkrecht zur optischen Axe fortbewegt, bekannt sind. Alle zwischen ω und ε liegenden ausserordentlichen Br.-Indices folgen dann unmittelbar aus der Betrachtung der zugehörigen Indexfläche als deren jedesmaligen Radienvectoren.

Je nachdem die Geschwindigkeit des ordentlichen Strahles $\mathfrak{o}$ grösser oder kleiner ist, als die des ausserordentlichen Strahles $\mathfrak{e}$, unterscheidet man 2 Klassen von optisch 1-axigen Krystallen:

optisch positive Krystalle $\mathfrak{o} > \mathfrak{e}$ und somit $\omega < e$ und
optisch negative Krystalle $\mathfrak{o} < \mathfrak{e}$ und somit $\omega > e$

Da ein in der Richtung der optischen Axe sich fortpflanzender Strahl stets die Schwingungsrichtung und Geschwindigkeit ordentlicher Strahlen hat, so entspricht

in optisch positiven Krystallen die optische Axe der Richtung der grössten, in optisch negativen Krystallen der kleinsten Geschwindigkeit. Ferner wird die Indexfläche positiver Krystalle ein in der Richtung der optischen Axe verlängertes, in negativen Krystallen ein in gleicher Richtung verkürztes Rotationsellipsoid sein, während es für die FRESNEL's Fläche 𝔈 gerade umgekehrt ist.

Die Angabe, ob ein Krystall optisch positiv oder negativ ist, heisst dessen optische Charakteristik oder sein Sinn der Doppelbrechung. Die Methoden zur Bestimmung der optischen Charakteristik sind auf S. 178 f. näher beschrieben. Optisch positiv sind Quarz, Zirkon, Zinnstein, Eis etc., negativ Kalkspath, Apatit, Turmalin, Beryll, Sapphir u. a.

Strahlenfläche. Dieselbe besteht aus 2 Schalen, einer Kugel, der Oberfläche der ordentlichen Welle, und einem Rotationsellipsoid, der Oberfläche der ausserordentlichen Welle. In den optisch positiven Krystallen umhüllt die Kugel das Rotationsellipsoid, in den optisch negativen Krystallen umschliesst das Rotationsellipsoid die Kugel. In den Enden der Hauptaxe berühren sich beide Oberflächen. Fig. 298 stellt den Querschnitt eines positiven, Fig. 299 den eines negativen Krystalls dar.

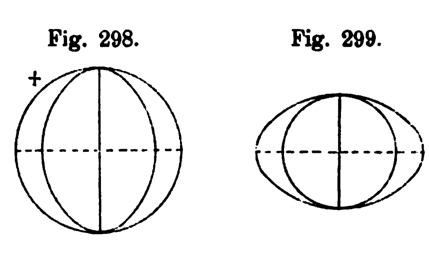


Fig. 298. Fig. 299.

Aus der Beschaffenheit der Indexfläche geht hervor, dass in jedem optisch einaxigen Medium sich 2 Wellen fortbewegen, von denen der einen, welches auch sonst ihre Richtung sein mag, eine constante Fortpflanzungsgeschwindigkeit zukommt, deren Oberfläche also nach der Zeiteinheit durch eine Kugel dargestellt wird. Das ist die ordentliche Welle. Dagegen muss die Oberfläche der anderen (ausserordentlichen) Welle bei ihrer variablen, aber zur Hauptaxe symmetrischen Fortpflanzungsgeschwindigkeit ein Rotationsellipsoid sein. In der Richtung der optischen Axe ist die Geschwindigkeit beider Wellen gleich gross, an deren Enden müssen sich also beide Oberflächen berühren. In den optisch positiven Krystallen ist die ordentliche Welle die schnellere, daher umschliesst die Kugel das Ellipsoid, in den optisch negativen Krystallen ist es umgekehrt.

B. Interferenzerscheinungen optisch einaxiger Krystalle bei gekreuzten Nicols.

1. Krystallplatten im parallelen polarisirten Licht.

a) Platten senkrecht zur optischen Axe.

Die Platte bleibt in jeder Stellung während einer vollen Umdrehung von 360° dunkel; sie verhält sich ganz wie eine isotrope Platte.

Da in der Richtung der optischen Axe keine Zerlegung stattfindet, so setzt der mit der Schwingungsrichtung des unteren Nicols eintretende Lichtstrahl mit

gleicher Schwingungsrichtung seinen Weg durch die Platte fort, muss also von dem senkrecht stehenden Analysator ausgelöscht werden.

Bei parallelen Nicols herrscht natürlich während der vollen Umdrehung Helligkeit.

b) Platten schief zur optischen Axe.

Bei einer vollen Umdrehung findet viermalige Auslöschung statt, dazwischen ist die Platte erhellt und bei Anwendung weissen Lichtes gefärbt.

Die Erklärung für diese Erscheinung ist Cap. IV § 2 u. 3 auf S. 163 f. gegeben.

2. im convergenten polarisirten Licht.

a) Platten senkrecht zur optischen Axe.

Bei Anwendung homogenen Lichtes zeigt sich ein System dunkler concentrischer Ringe, durchzogen von einem schwarzen Kreuz, dessen Lage zusammenfällt mit den beiden Nicolhauptschnitten (Fig. 300). Im weissen Licht erscheinen dagegen concentrische farbige Ringe, die ebenfalls von einem dunklen Kreuz durchzogen werden.

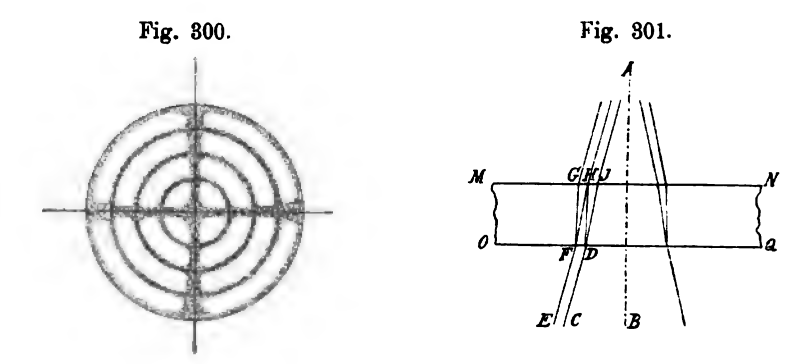


Fig. 300. Fig. 301.

Eine Drehung der Platte um 360° verändert die Interferenzfigur in keiner Weise.

Erklärung. Das aus dem unteren Nicol auf die Platte fallende Licht bildet in Folge seines Weges durch ein System von Zerstreuungslinsen ein Bündel divergirender Strahlen, die unter verschiedenen Winkeln und in verschiedener Orientirung zu der optischen Axe der Krystallplatte letztere durchziehen. — Der in der Richtung der optischen Axe verlaufende Strahl erleidet keine Doppelbrechung; er wird demnach vom oberen Nicol ausgelöscht und liefert im Verein mit allen nahezu parallelen Lichtstrahlen, die als solche eine entsprechende Lichtschwächung erfahren, das dunkle Centrum der Interferenzfigur. Alle übrigen Strahlen müssten sich nun in der Platte in 2 Schwingungscomponenten zerlegen, von denen — sobald man sich die gesammten Strahlen kreisförmig (in Kegelmänteln) auf die Platte auffallend denkt — die eine (ordentliche) tangential, die andere (ausserordentliche) radial schwingt. Da aber das Licht schon polarisirt in die Platte tritt, so wird für die

darauf senkrechte Schwingungsrichtung der Platte die Componente gleich Null. Demnach entsteht ein dunkler Balken senkrecht zur Schwingungsrichtung des unteren Nicols. Aber ebenso muss parallel dazu ein dunkler Balken sich bilden, weil die Schwingungsrichtung des unteren Nicols sich in der entsprechenden Richtung der Platte unzerlegt fortsetzt und somit vom gekreuzten oberen Nicol ausgelöscht wird. Die Arme des dunklen Kreuzes verlaufen demnach in der Richtung der Nicolhauptschnitte.

Die concentrischen dunklen Ringe der Interferenzfigur kommen dadurch zu Stande, dass die beiden Strahlen, in die ausser den bisher erwähnten alle übrigen sich zerlegen, einen verschiedenen Weg durch die Platte nehmen und demgemäss einen Gangunterschied erleiden. Beim Austritt aus der Platte werden aber jedes Mal Strahlen verschiedener Schwingungsrichtung zusammentreffen, sodass sie ihren weiteren Weg zum Polarisator gemeinsam fortsetzen (s. Fig. 301, wo die Strahlen *FH* und *DH* nach ihrem Austritt zusammenfallen) und im Analysator zur Interferenz gelangen. Darunter befinden sich nun auch in bestimmten Abständen und in concentrisch-ringförmiger Anordnung wiederkehrend solche mit einander interferirende Strahlen, deren Gangunterschied eine ungerade Anzahl halber Wellenlängen beträgt, die sich also bei der Interferenz ganz aufheben, demnach concentrische dunkle Ringe erzeugen.

Bei Anwendung weissen Lichtes kann durch die Interferenz niemals völlige ringförmige Auslöschung des Lichtes eintreten, denn wenn auch z. B. an bestimmter Stelle die violetten Strahlen ausgelöscht werden, so ist es an derselben Stelle für die übrigen Farben des angewendeten Lichts nicht der Fall. Es müssen im weissen Licht also farbige Ringe, sogen. isochromatische Curven, in der Reihenfolge der Newton'schen Farben mit einander abwechseln. Das schwarze Kreuz bleibt jedoch erhalten.

Anm. 1. Bei parallelen Nicols treten an Stelle des dunklen Kreuzes und der dunklen Ringe 2 helle Balken und helle Ringe; die farbigen Ringe bei Anwendung weissen Lichtes erscheinen in den complementären Farben.

Anm. 2. Der Abstand der dunklen Ringe ändert sich mit der Farbe des angewendeten homogenen Lichtes; er ist geringer bei blauem als bei rothem Licht. — Ferner hängt der Abstand der Ringe von der Dicke der Platte (bei Platten unter 1 mm wird die Interferenzfigur im Allgemeinen nicht sichtbar, weil die Ringe zu weit aus einander treten) und von der Stärke der Doppelbrechung ab. Je stärker die letztere ist, d. h. je grösser der Unterschied zwischen ω und ε, um so enger werden die Ringe.

Anm. 3. Die Interferenzfigur des Kalkspaths wurde zuerst von Brewster, Wollaston, Biot und Seebeck (1813—1816) beobachtet; die Erklärung gab Airy 1830.

b) Platten parallel oder schief zur optischen Axe.

Die entstehende Interferenzfigur hat wenig praktisches Interesse. An Stelle der dunklen Ringe treten hyperbolische Streifensysteme. Das schwarze Kreuz rückt zur Seite und hinterlässt nur einen einzelnen Arm. Jedoch sind diese Interferenzerscheinungen nur in sehr dünnen Platten sichtbar; in dickeren erscheint das Weiss höherer Ordnung.

C. Bestimmungsmethoden.

a) Bestimmung der Brechungs-Indices.

Dieselbe erfolgt nach den Cap. III § 4 beschriebenen Methoden mit der alleinigen Abänderung, dass es sich um die Bestimmung von

2 Br.-Indices, ω und ε handelt, dass also die Br.-Indices in bestimmten Richtungen gemessen werden müssen.

1. mittelst Prismas und Beobachtung des Minimums der Ablenkung.

Siehe S. 152 f. Die bequemste Art, an einem einzigen Prisma beide Br.-Indices zu erhalten, ist dann gegeben, wenn die brechende Kante desselben der Hauptaxe parallel läuft. Alsdann beobachtet man im Spectrometer unmittelbar das doppelte Bild des Spaltes, von denen eines dem ordentlichen, das andere dem ausserordentlichen Strahl angehört. Die Unterscheidung wird durch einen, dem Ocular vorgesetzten Nicol bewirkt. Steht die Schwingungsebene des letzteren (kürzere Diagonale) parallel der Prismakante, so wird der ordentliche, steht sie zu ihr senkrecht, so wird der ausserordentliche Strahl ausgelöscht.

Ein einziges Prisma reicht auch zur Bestimmung beider Indices aus, wenn dessen brechende Kante senkrecht zur Hauptaxe steht und diese letztere den Winkel an der brechenden Kante halbirt. Von den beiden Spaltbildern giebt dasjenige, das durch den vorgehaltenen Nicol sichtbar bleibt, sobald dessen Schwingungsebene parallel der brechenden Kante liegt, den Index ω, während bei senkrechter Stellung des Nicols der Index ε bestimmt werden kann.

2. aus der Totalreflexion.

Alle die auf S. 154 f. beschriebenen Methoden und Instrumente eignen sich zu diesem Zweck. — Nur wenn die Platte derartig orientirt ist, dass ihre optische Axe der reflectirenden Fläche parallel läuft und senkrecht auf der Drehaxe des Instrumentes steht, werden die auffallenden Strahlen ausschliesslich als ordentliche reflectirt; eine solche Platte gestaltet somit nur die Bestimmung von ω; bei jeder anderen Orientirung jedoch lassen sich beide Br.-Indices ω und ε neben einander an derselben Platte bestimmen, da die Strahlen zur einen Hälfte als ordentliche, zur anderen als ausserordentliche reflectirt werden. Die Unterscheidung wird auch hier wieder wie bei 1. durch einen vorgesetzten Nicol bewirkt, sodass man nach einander beide Grenzen der totalen Reflexion einstellen kann.

3. Auch die Methode des Herzogs von Chaulnes kann zur Bestimmung der beiden Br.-Indices nutzbar gemacht werden; es bedarf aber dazu 2 Platten, die eine parallel, die andere senkrecht zur optischen Axe.

b) Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung.

Durch den Charakter der Doppelbrechung eines optisch einaxigen Krystalls wird angegeben, ob $\omega < \varepsilon$ (optisch positiv) oder $\omega > \varepsilon$ (optisch negativ) ist. Vergl. S. 175. Der Charakter ist natürlich ohne Weiteres gegeben, sobald die Werthe von ω und ε vorliegen. Aber da es sich nur um die relative Grösse von ω und ε handelt, so ist der Charakter schon bestimmt, wenn man nur weiss, in welcher Richtung der zu untersuchenden Krystallplatte der ordentliche Strahl schwingt und ob dies die Richtung der grösseren oder kleineren Geschwindigkeit ist. Der ordentliche Strahl schwingt stets senkrecht zur Hauptaxe; entspricht diese Richtung der schnelleren Geschwindigkeit, so ist der Krystall optisch positiv, sonst negativ.

Die Richtung der Hauptaxe folgt aus der Orientirung der Platte und gilt für die Folge als bekannt. Die grössere oder geringere Geschwindigkeit wird mit einer doppelbrechenden Hülfsplatte bestimmt, auf der die Richtung der grösseren oder kleineren Geschwindigkeit irgendwie markirt ist. Der Benutzung dieser Hülfsplatte liegt folgendes Princip zu Grunde.

Legt man eine solche Platte so auf die Objectplatte, dass in beiden die Schwingungsrichtungen der grösseren und ebenso der kleineren Geschwindigkeiten zusammenfallen, so hat das die Wirkung, als ob die Objectplatte dicker, bezw. die Phasendifferenz ihrer beiden Strahlen grösser geworden sei. Die vom Analysator erzeugte Interferenzfarbe wird nach dem rothen Ende des Spectrums verschoben oder von höherer Ordnung sein müssen als ohne Hülfsplatte, und wenn Interferenzcurven sichtbar sind, so werden sich diese verengern. Umgekehrt muss die Interferenzfarbe in ihrer Ordnung sich vermindern, wenn die Richtung der grössten Geschwindigkeit in der Hülfsplatte zusammenfällt mit der kleinsten in der Objectplatte, was bei Interferenzcurven einer Erweiterung der Ringe entspricht. Im Einzelnen ändert sich das Verfahren, je nachdem die zu untersuchenden Platten dick oder dünn sind.

1. Bei dünnen Platten (Dünnschliffen), die nur Farben niederer Ordnung zwischen gekreuzten Nicols zeigen, geht man am besten von der Abänderung der Interferenzfarbe aus, untersucht daher im parallelen Licht und bedient sich als Hülfsplatten Gyps- oder Glimmerlamellen.

a) mittelst Gypsplatte vom Roth I. Ordnung.

Die Gypsplatte ist so dünn gespalten, dass sie das Roth I. Ordnung zeigt. Die Richtung ihrer schnellsten Schwingung ist äusserlich markirt. Die zu untersuchende Krystallplatte wird zwischen gekreuzten Nicols so auf den Objecttisch orientirt, dass sie am hellsten erscheint, was dann statthat, wenn ihre Schwingungsrichtungen um 45° gegen diejenigen der Nicols gedreht sind. Dann wird die Gypsplatte in einen besonderen und ebenfalls um 45° gegen die Nicolhauptschnitte orientirten Schlitz gesteckt. Dabei verändert sich die Interferenzfarbe der Objectplatte. Findet eine Erhöhung der Ordnung statt, ein Blasserwerden der Farben, so correspondiren gleiche relative Geschwindigkeiten in den beiden Platten; sind die Farben in ihrer Skala erniedrigt oder sind sie lebhafter geworden, so fällt die grösste Geschwindigkeit der Objectplatte mit der kleinsten in der Hülfsplatte zusammen. Dadurch dass man den Objecttisch um 90° dreht, wird die Erscheinung gerade umgekehrt, was zur Controle dient. Unter Berücksichtigung der Lage der Schwingungsrichtungen in der Objectplatte ergiebt sich aus dieser Feststellung der Charakter der Doppelbrechung.

b) mittelst des Viertelundulations-Glimmerblättchens.

Wenn die Objectplatte nicht nur dünn ist, sondern zugleich sehr schwach doppelt bricht, empfiehlt sich die Anwendung einer Glimmerspaltlamelle von solcher Dünne (etwa $^1/_{30}$ mm), dass die Phasendifferenz ihrer beiden Schwingungen für mittlere (gelbe) Farben $^1/_4$ λ beträgt. Diese Platte wird in den unter 45° gegen das Fadenkreuz gewendeten Schlitz des Instrumentes eingeführt und färbt für sich das Gesichtsfeld blaugrau. Die auf dem Drehtisch liegende Objectplatte ändert je nach ihrer Orientirung diese Färbung in helleres Roth oder in dunkleres Blau ab. Im ersten Fall correspondiren die grösseren und ebenso kleineren Geschwindigkeiten der beiden Platten mit einander. Die Richtung der grösseren Geschwindigkeit in der Glimmerplatte ist aber auf derselben angegeben, meist in der Weise, dass die längere Kante der rectangulär zugeschnittenen Platte damit parallel ist.

2. Bei dicken Platten oder solchen mit starker Doppelbrechung, die im parallelen Licht keine Interferenzfarben mehr geben, untersucht man im convergenten Licht und beobachtet die Abänderung der Interferenzfiguren.

Als Vergleichsplatten kommen die nachstehenden in Betracht.

a) mittelst einer senkrecht zur optischen Axe geschnittenen Hülfsplatte von bekanntem Charakter.

Dieselbe findet Anwendung bei Objectplatten, die selbst senkrecht zur optischen Axe geschnitten sind. Besitzen diese denselben Charakter wie die Hülfsplatte, so wirken sie auf einander gelegt wie dickere Platten, die Interferenzringe werden also enger. Im entgegengesetzten Fall erweitern sich die Ringe. — Als Hülfsplatte dient gewöhnlich der negative Kalkspath.

b) mittelst des Viertelundulations-Glimmerblättchens.

Die Objectplatte ist senkrecht zur optischen Axe geschnitten. Wird über dieselbe das Glimmerblättchen derart gelegt, dass die (durch eine Linie markirte) Axenebene des Glimmers 45° mit den Schwingungsrichtungen der Nicols bildet, so wird deren Interferenzbild entweder in der Weise der Fig. 302 oder der Fig. 303 abgeändert. An Stelle des dunklen Kreuzes bleiben nur 2 dunkle Flecken übrig. Ist deren Verbindungslinie senkrecht zu der die optische Axenebene markirenden Linie, so ist der Krystall positiv, ist sie parallel, so negativ. Ferner findet bei positiven Krystallen eine Erweiterung der concentrischen Ringe in denjenigen Quadranten statt, durch welche die markirte Linie nicht läuft, bei negativen Krystallen in den Quadranten, in denen jene Linie liegt.

c) mittelst eines Quarzkeiles (BIOT's Compensationsverfahren).

Wird angewendet, wenn die zu untersuchenden Krystallplatten parallel oder schief zur optischen Axe geschnitten sind. Man schiebt nahe unter dem Analysator (bei *z* in Fig. 296, links) einen langsam an Dicke zunehmenden Quarzkeil (dessen Längskante parallel der optischen Axe geht und der der grösseren Festigkeit wegen auf Glas geklebt ist) derart ein, dass seine Längskante 45° mit den Nicolhauptschnitten (dem

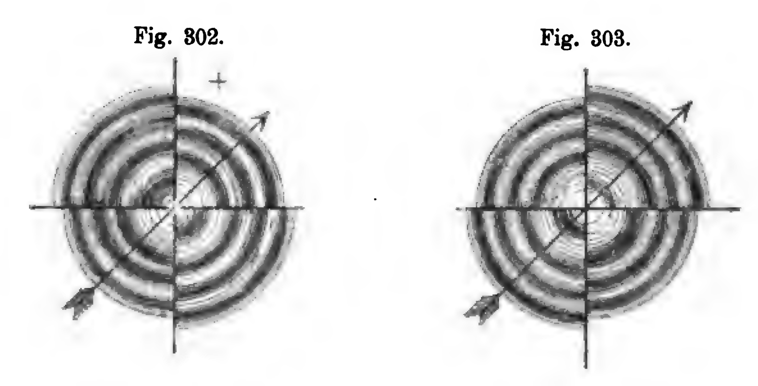


Fig. 302. Fig. 303.

Fadenkreuz) bildet. Die zu untersuchende Platte wird so orientirt, dass ihre beiden Hauptschwingungsrichtungen ebenfalls 45° mit dem Fadenkreuz bilden; sie ist also auf das Maximum der Helligkeit eingestellt. Diese Orientirung kann aber in doppelter Weise bewirkt werden, indem man zunächst die eine, dann die andere Schwingungsrichtung mit der Längsaxe des Keils zusammenfallen lässt. In einem dieser beiden Fälle zeigen sich farbige Interferenzcurven und das ist die Richtung der grössten Geschwindigkeit in der Platte. Da die Richtung der optischen Axe (Verticalaxe des Krystalls) in der fraglichen Platte als bekannt vorausgesetzt wird, so ist damit entschieden, ob die grösste Geschwindigkeit in der Richtung der optischen Axe (positiv) oder senkrecht dazu (negativ) herrscht.

Es beruht diese Methode nämlich darauf, dass nur sehr dünne Platten parallel der optischen Axe Interferenzstreifen erkennen lassen, während in dickeren, wie es hier der Fall ist, das Weiss höherer Ordnung erscheint. Der zwischen Object und Analysator eingeschobene Quarzkeil wirkt nun, wenn eine Richtung der kleinsten Geschwindigkeit zusammenfällt mit derjenigen der grössten Geschwindigkeit in der Objectplatte, so, als ob diese selbst dünner sei. Es kommen in Folge dessen Interferenzcurven zu Stande. In dem positiven Quarz entspricht aber die optische Axe, also die Längskante des Keiles der Richtung der grössten Geschwindigkeit.

Eine auf optische Merkmale sich stützende Unterscheidung der beiden in diese Abtheilung gehörenden Krystallsysteme ist nicht möglich; es kann dieselbe nur unter Berücksichtigung der äusseren Form (vier- oder sechsseitiger Querschnitt etc.) erfolgen.

Beispiele und Brechungsindices.

1. Hexagonales System.

Zinnober. opt. +.	ω = 2,854	ε = 3,201	(roth)
Pyrargyrit. opt. —.	= 3,084	= 2,881	(roth)
Quarz. opt. +.	= 1,54418	= 1,55328	(Linie D)
Korund. opt. —.	= 1,7690	= 1,7598	(„ D)
Kalkspath. opt. —.	= 1,6500	= 1,4826	(„ A)
(nach Sarasin)	= 1,6523	= 1,4839	(„ B)
	= 1,6583	= 1,4864	(„ D)
	= 1,6678	= 1,4907	(„ F)
	= 1,6832	= 1,4977	(„ H)
Natronsalpeter. opt. —.	= 1,587	= 1,336	(„ D)
Apatit. opt. —.	= 1,6461	= 1,6417	(„ D)
Turmalin (farblos). opt. —.	= 1,6366	= 1,6193	(„ D)
Beryll. opt. —.	= 1,5703	= 1,5659	(„ D)

2. Tetragonales System.

Rutil. opt. +.	= 2,6158	= 2,9029	(gelb)
Scheelit. opt. —.	= 1,918	= 1,934	(roth)
Wulfenit. opt. +.	= 2,402	= 2,304	(roth).

§ 4. II. Abtheilung. Optisch anisotrope Medien. Optisch zweiaxige Krystalle.

Hierher gehören die Krystalle des rhombischen, monoklinen und triklinen Systems.

A. Allgemeine Eigenschaften.

In optisch zweiaxigen Krystallen giebt es keine Axe der Isotropie mehr.

Indexfläche E bezw. Fresnel's Ellipsoid $\mathfrak{E}$: ein dreiaxiges Ellipsoid, dessen 3 senkrecht auf einander stehende Axen Axen der optischen Symmetrie heissen, während die durch sie gelegten Ebenen als Hauptschnitte bezeichnet werden. Die Richtung und Grösse der optischen Symmetrieaxen bestimmt ausser der Schwingungsrichtung noch die Grösse der Brechungsindices bezw. der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten in allen anderen Richtungen; d. h. für irgend einen Lichtstrahl sind jene Werthe, ebenso wie die Schwingungsrichtung, gegeben durch die Hauptdurchmesser desjenigen elliptischen Schnitts, der senkrecht zum Strahl durch die zugehörige Bezugsfläche construirt ist.

Da sich die Brechungsindices mit jeder Richtung ändern, so giebt es in optisch zweiaxigen Medien keine ordentlichen und ausserordentlichen Strahlen mehr. Die Brechungsindices derjenigen Strahlen, die parallel den optischen Symmetrieaxen schwingen, heissen die 3 Hauptbrechungsindices α, β und γ; sie genügen zur Construction der Indexfläche und somit zur Berechnung der Brechungsindices in allen übrigen Richtungen.

Nach Früherem (S. 150) besteht zwischen ihnen und den Fortpflanzungsgeschwindigkeiten $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ die Beziehung

$$\alpha = \frac{1}{\mathfrak{a}}; \quad \beta = \frac{1}{\mathfrak{b}}; \quad \gamma = \frac{1}{\mathfrak{c}}.$$

Bei optisch zweiaxigen Medien gilt das Gesetz, dass der gebrochene Strahl in der Einfallsebene liegt, nur noch für die Fälle, wo die Einfallsebene den Hauptschnitten parallel geht.

Bei der Bezeichnung optischer zweiaxiger Krystalle wird stets die Axe der grössten Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit a, die der mittleren mit b, die der kleinsten mit c bezeichnet. Diese optischen Symmetrieaxen decken sich nicht, wie ohne Weiteres klar, mit den krystallographischen Axen a, b und c; sie fallen auch bezüglich ihrer Richtung nur in soweit mit den krystallographischen zusammen, als diese Symmetrierichtungen sind. Daher wird die Aufsuchung der optischen Symmetriesaxen (Auslöschungsbestimmungen) wichtig für die Feststellung der geometrischen Symmetrie und damit des Krystallsystems, insonderheit ergeben sich aus ihnen wesentliche Unterschiede zwischen den rhombischen, monoklinen und triklinen Krystallen, d. h. zwischen den optischen Klassen 5, 6 und 7.

Jeder Schnitt der Indexfläche bestimmt die Br.-Indices und Schwingungsrichtung eines zu diesem Schnitt senkrecht fortschreitenden Lichtstrahles. Im Allgemeinen sind diese Schnitte Ellipsen, d. h. es findet durchweg Doppelbrechung statt, nur in denjenigen Richtungen, die senkrecht zu den beiden allein möglichen Kreisschnitten stehen, kann sich jedesmal nur eine einzige Wellenebene fortpflanzen. Diese beiden Richtungen heissen die **optischen Axen**, auch wohl **Binormalen**, und daher heissen die Medien selbst **optisch zweiaxig**. Die beiden optischen Axen haben keine Beziehung mehr zu den geometrischen Axen.

Die optischen Axen der zweiaxigen Krystalle, obwohl die in ihnen sich fortpflanzenden Strahlen keine Doppelbrechung erfahren, weichen doch darin von der optischen Axe einaxiger Krystalle ab, als sie nicht auch zugleich Axen der Isotropie sind.

Der Winkel zwischen den beiden optischen Axen, der **optische Axenwinkel** V, hängt allein ab von dem Verhältniss der Fortpflanzungsgeschwindigkeiten $\mathfrak{a}$, $\mathfrak{b}$ und $\mathfrak{c}$ oder statt dessen von den 3 Hauptbrechungsindices α, β und γ. Er berechnet sich aus der Gleichung:

$$\cos\frac{V}{2} = \sqrt{\frac{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\gamma^2}}} \quad (I).$$

Die Grösse des optischen Axenwinkels ist für verschiedene Farben verschieden. Dieses Verhalten führt den Namen **Dispersion der optischen Axen**. Bei einigen Krystallen ist der Winkel für roth grösser

als für violett ($\rho > \upsilon$), bei anderen ist es umgekehrt ($\upsilon > \rho$). — Auch die Lage der optischen Axenebene kann für verschiedene Farben verschieden sein (Dispersion der Axenebenen).

Ferner wird die Grösse des Axenwinkels und die Lage der Axenebenen von der Temperatur und einer Aenderung in der chemischen Zusammensetzung beeinflusst.

Mit Rücksicht auf den Axenwinkel wird diejenige optische Symmetrieaxe, welche den spitzen Winkel der optischen Axen halbirt, Bisectrix oder erste Mittellinie, diejenige, welche den stumpfen Winkel halbirt, zweite Mittellinie und schliesslich diejenige, welche senkrecht zur Ebene der optischen Axen steht, optische Normale genannt.

Es ist leicht einzusehen, dass die optischen Axen und beide Mittellinien in die Ebene ac fallen, während die optische Normale mit der Axe der mittleren Fortpflanzungsgeschwindigkeit coincidirt. Des Ferneren kann nun aber die erste Mittellinie mit der Axe der grössten, also mit a, oder mit derjenigen der kleinsten Fortpflanzungsgeschwindigkeit c zusammenfallen. Im ersteren Fall heisst die zweiaxige Krystall optisch negativ, im anderen Fall optisch positiv.

In positiven Krystallen liegt der Werth von b näher an c, in negativen näher an a.

Strahlenfläche. Da von jedem in Schwingungen versetzten Punkt im Innern eines zweiaxigen Krystalls im Allgemeinen 2 Wellen ausgehen, so wird auch die Wellen- oder Strahlenfläche aus 2 Schalen bestehen müssen. Da aber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit rings um einen Punkt weder gleich gross noch symmetrisch ist, so können diese Schalen auch weder Kugel noch Rotationsellipsoid sein. In der That ist die Wellenoberfläche eine Fläche 4. Ordnung, die aus 2 einander sich durchdringenden ellipsoidähnlichen Schalen besteht und die durch die nachstehende Gleichung dargestellt wird:

$$(x^2 + y^2 + z^2)(\mathfrak{a}^2 x^2 + \mathfrak{b}^2 y^2 + \mathfrak{c}^2 z^2) - \mathfrak{a}^2(\mathfrak{b}^2 + \mathfrak{c}^2)x^2 - \mathfrak{b}^2(\mathfrak{c}^2 + \mathfrak{a}^2)y^2 \\ - \mathfrak{c}^2(\mathfrak{b}^2 + \mathfrak{a}^2)z^2 + \mathfrak{a}^2\mathfrak{b}^2\mathfrak{c}^2 = o.$$

Um sich eine Vorstellung von dem Aussehen dieser Wellenfläche zu machen, kann man die Schnitte untersuchen, in denen dieselbe von den 3 durch die optischen Symmetrieaxen gelegten Ebenen geschnitten wird.

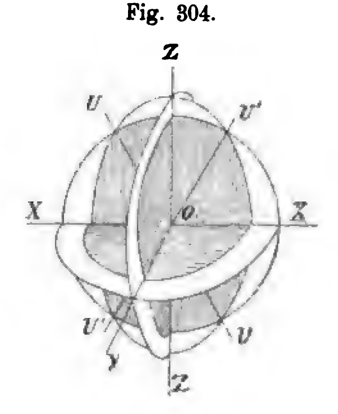
Setzt man in vorstehender Gleichung die 3 Axen der Reihe nach $= 0$, so erhält man die Gleichungen der gesuchten Schnitte, die sofort erkennen lassen, dass in jedem Fall die Wellenfläche in einem Kreis und in einer Ellipse geschnitten wird, denn für

	Kreis.		Ellipse.
$OX = 0$, also Schnitt der yz-Ebene:	$y^2 + z^2 = \mathfrak{a}^2$	und	$\mathfrak{b}^2 y^2 + \mathfrak{c}^2 z^2 = \mathfrak{b}^2 \mathfrak{c}^2$
$OY = 0$, also Schnitt der xz-Ebene:	$z^2 + x^2 = \mathfrak{b}^2$	und	$\mathfrak{c}^2 z^2 + \mathfrak{a}^2 x^2 = \mathfrak{a}^2 \mathfrak{c}^2$
$OZ = 0$, also Schnitt der xy-Ebene:	$x^2 + y^2 = \mathfrak{c}^2$	und	$\mathfrak{a}^2 x^2 + \mathfrak{b}^2 y^2 = \mathfrak{a}^2 \mathfrak{b}^2$.

In Fig. 304 sind diese 3 Schnitte in perspectivischer Zeichnung dargestellt.

Von besonderem Interesse ist der Schnitt in der Ebene der grössten und kleinsten Fortpflanzungsgeschwindigkeit, also in Fig. 304 der Schnitt in der Ebene XZ. Während in den beiden anderen Schnitten Kreis und Ellipse in einander liegen, wird hier der Kreis mit dem Radius $\mathfrak{b}$ von der Ellipse, deren Axen $\mathfrak{a}$ und $\mathfrak{c}$ sind, in 4 Punkten $U\,U'\,U\,U'$ geschnitten. Die Strahlen OU und OU' nach diesen sich paarweise diametral gegenüber liegenden 4 Punkten heissen nach Früherem Strahlenaxen oder secundäre optische Axen. Es sind dies die beiden einzigen Richtungen in einem zweiaxigen Krystall, in denen sich nur ein Lichtstrahl fortbewegt; sie entsprechen den Lothen der Kreisschnitte von FRESNEL's Ellipsoid $\mathfrak{E}$ (s. S. 148).

Fig. 304.



Während eine Tangentialebene eine Wellenoberfläche im Allgemeinen nur in einem Punkt berührt, giebt es 4 singuläre, paarweise parallele Tangentialebenen, die, senkrecht auf der Ebene XZ stehend, die Wellenfläche in einem Kreise berühren. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit aller derjenigen Strahlen, welche sich vom Ausgangspunkt O nach irgend einem Punkt dieses Kreises bewegen, ist constant; ferner ist dieselbe gleich der mittleren Geschwindigkeit $\mathfrak{b}$ und unabhängig von der Schwingungsrichtung, denn die Wellennormalen sind für alle diese Strahlen dieselben. Diese Wellennormalen heissen die primären optischen Axen; sie entsprechen den Lothen der Kreisschnitte im Indexellipsoid E.

B. Interferenzerscheinungen optisch zweiaxiger Krystalle bei gekreuzten Nicols.

1. Krystallplatten im parallel polarisirten Licht.

Das Verhalten ist durchaus analog dem einaxiger Krystallplatten, ausgenommen, wenn die Platten senkrecht auf einer der beiden optischen Axen stehen.

a) Platte senkrecht zu einer der optischen Axen.

Alsdann geht das Licht parallel der optischen Axe durch die Platte. Trotz gekreuzter Nicols bleibt diese jedoch hell und auch bei jeder beliebigen Drehung der Platte vermindert sich die Helligkeit nicht, sodass die Platte überhaupt keine Auslöschung zeigt.

Dieses eigenthümliche Verhalten erklärt sich aus der sogen. inneren conischen Refraction. Als Folge der zweischaligen Strahlenfläche, deren Tangirende (die Strahlenfront) dieselbe senkrecht zur optischen Axe nicht in einem Punkt, sondern in einem Kreise berührt, divergiren die in der Richtung zur optischen Axe einfallenden Strahlen auf einem Kegelmantel und nehmen alle Schwingungsazimuthe an, sodass der obere Nicol immer nur einzelne Componenten, nicht aber alles Licht auszulöschen vermag.

b) Platten schief oder parallel zu einer der optischen Axen.

Die Platte wird ebenso wie eine optische einaxige 4 Mal dunkel, jedes Mal dann, wenn der Hauptschnitt eines der beiden Nicols mit einem Hauptschnitt der Platte zusammenfällt. Da die Lage der optischen Hauptschnitte abhängig ist von den Symmetrieschnitten, so können durch stauroskopische Untersuchungen die hierher gehörigen Krystallsysteme unterschieden werden.

Bei Anwendung weissen Lichtes erscheint die Platte in allen anderen Stellungen als in der der Auslöschung gefärbt.

2. Krystallplatten im convergent polarisirten Licht.

a) Hier hat nur das Interferenzbild besondere Bedeutung, welches Platten senkrecht zu einer der Mittellinien erkennen lassen. Im homogenen Licht besteht dasselbe aus einer Schaar hellerer und dunklerer Ringe, wie in Fig. 305 (bei dickeren Platten) oder 306 (bei dünneren Platten), die bei kleinem Axenwinkel angenähert Lemmiskaten sind. Fällt die Ebene der optischen Axen, resp. deren Durchschnitt auf der Platte, in einen Nicolhauptschnitt, so werden diese Ringe, wie in den Fig. 305 u. 306, von einem dunklen Kreuz durchzogen; ist die

Fig. 305.

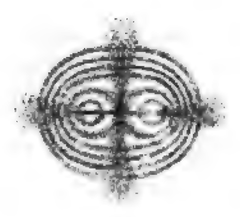


Fig. 306.



Ebene der optischen Axen um einen Winkel geneigt gegen die Nicolhauptschnitte, so entwickeln sich aus dem Kreuz 2 Paraboläste, deren Scheitelpunkte, die sogen. Axenpunkte, den Austrittspunkten der optischen Axen aus der Platte entsprechen und die scharf genug eingestellt werden können, um sie zur Bestimmung des Axenwinkels benutzen zu können. Die Fig. 307 u. 308 stellen das Interferenzbild dar, wenn jener Winkel 45° beträgt.

Bei Anwendung weissen Lichtes werden die Lemmiskaten im Sinne der Newton'schen Farben gefärbt, es bilden sich also isochromatische Curven; dunkle Axenpunkte können nicht entstehen, wohl aber bildet sich in Folge der Dispersion an Stelle der einzelnen Axenpunkte eine

verschieden gefärbte Zone heraus, die mit einem Blick übersehen lässt, ob $\rho > \upsilon$ oder $\upsilon > \rho$ ist. Die Aufeinanderfolge der Dispersionsfarben

Fig. 307.

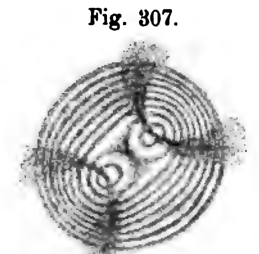
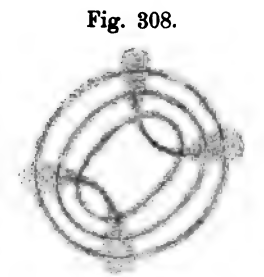


Fig. 308.



an den Axenpunkten und ihre Orientirung zu den Symmetrieschnitten dient zur Unterscheidung der einzelnen Krystallsysteme.

Die Erklärung der Interferenzfigur bietet keine Schwierigkeit, sie ist ganz analog jener der Interferenzfigur optisch einaxiger Krystalle.

Mit Aenderung des angewendeten Lichtes ändern sich die Abstände der Axenpunkte und der Interferenzcurven; dagegen hat eine Aenderung der Plattendicke nur Einfluss auf die Abstände der Lemmiskaten.

Ist der Axenwinkel sehr gross, so reicht häufig das Gesichtsfeld des gewöhnlichen Polarisationsapparates nicht aus, um beide Axenpunkte gleichzeitig zu sehen, zumeist deswegen, weil die in der Richtung der optischen Axen verlaufenden Strahlen beim Austritt in die Luft eine weitere Divergenz erfahren. Dies kann dadurch vermieden werden, dass diejenigen beiden Linsen, zwischen denen die Platte eingeschaltet liegt, kugelförmig gestaltet und scharf an die Platte angepresst werden. Die austretenden Strahlen gehen dann ungebrochen in die obere Linse über. Eine derartige Modification liegt dem Adam'schen Polarisationsinstrument zu Grunde.

Das beschriebene ckarakteristische Interferenzbild zweiaxiger Krystalle findet ausser zur Erkennung der dieser Abtheilung angehörigen Krystalle in der Hauptsache Anwendung zur Bestimmung des Axenwinkels und der Lage der optischen Symmetrieaxen.

b) Platten schief zur ersten Mittellinie geschnitten, lassen das eben besprochene Interferenzbild mehr oder weniger verzerrt erscheinen oder zeigen bei einer gewissen Dicke das Weiss höherer Ordnung. Steht der Schnitt senkrecht zu einer optischen Axe, so bilden sich ellipsenähnliche Ringe heraus, die von einem einzigen Balken durchkreuzt werden.

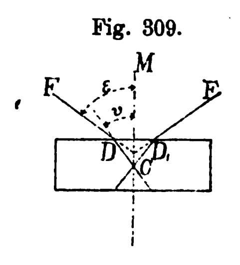
C. Bestimmungsmethoden.

a) Messung des optischen Axenwinkels.

Princip. Aus der Messung des Abstandes der beiden Axenpunkte des im homogenen Licht erzeugten Interferenzbildes (Fig. 307 oder 308)

gelingt es, die Grösse des Axenwinkels herzuleiten. — Die Krystallplatte wird so befestigt, dass sie sich um die Normale zur optischen Axenebene drehen lässt und so gestattet, nach einander beide Axenpunkte in den Durchschnitt des Fadenkreuzes zu bringen. Der Drehungswinkel ist an einem Theilkreis ablesbar und entspricht dem sogen. scheinbaren optischen Axenwinkel. Da nämlich (Fig. 309) die in der Richtung der optischen Axen CD und $CD_{,}$ die Platte durchlaufenden Lichtstrahlen beim Austritt eine Brechung durch DF resp. $D_{,}F_{,}$ erleiden, so wird durch obiges Verfahren nicht der wahre Winkel $DCD_{,} = 2\mathfrak{v}$, sondern der Winkel $2\mathfrak{e}$, d. h. der scheinbare Axenwinkel gemessen; aber bei Kenntniss des zugehörigen Br.-I. lässt sich $\mathfrak{v}$ aus $\mathfrak{e}$ berechnen. Dieser Br.-I. ist gleich dem mittleren Haupt-Br.-I. β, da die Schwingungen der die Platte durchlaufenden Strahlen mit der Geschwindigkeit $\mathfrak{b}$ vor sich gehen und demnach ist

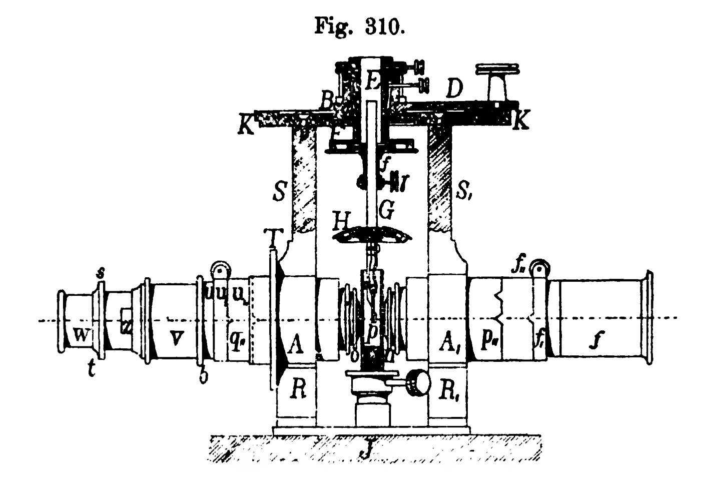
Fig. 309.



$$\sin \mathfrak{v} = \frac{1}{\beta} \cdot \sin \mathfrak{e}. \qquad (II).$$

Zur Ausführung bedient man sich zweckmässig des GROTH'schen Universalinstrumentes, das zu diesem Behuf eine Anordnung wie Fig. 310 erfährt. K ist der Theilkreis des Goniometers; an Stelle des Krystallträgers mit der Justir- und Centrirvorrichtung wird in die Hülse E eine metallene Axe eingeführt, die unten in eine Pincette ausläuft und hier die Platte p trägt. An letzterer lässt sich an der Scheibe F eine Horizontal-, innerhalb der Hülse f unter Benutzung der Schraube γ eine Verticalverschiebung und mittelst des PETZVAL'schen Trägers H die Justirung bewirken. — In die röhrenartigen Erweiterungen des Stativs bei A und $A_{,}$ werden die beiden Hälften des Polarisationsapparates geschoben, an denen Nicols und Fadenkreuz so orientirt sind, dass die beiden Fäden des letzteren parallel resp. senkrecht zum Theilkreise, die Nicolhauptschnitte aber 45° dagegen geneigt sind. Das auf einen

Fig. 310.



Axenpunkt eingestellte Interferenzbild der Platte wird sich wie in Fig. 312 darstellen. Durch Drehung des Armes D, der an der Hülse B sitzt, lassen sich nach

Fig. 311.

$1/4$ nat. Gr.

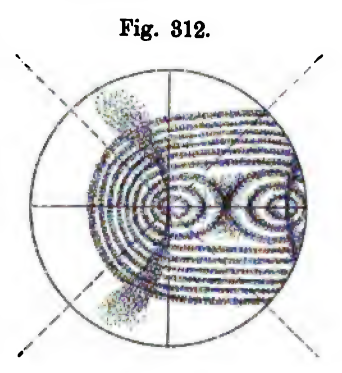
einander beide Axenpunkte in den Durchschnitt des Fadenkreuzes bringen; die Differenz beider Ablesungen ergiebt den scheinbaren Axenwinkel.

Als besonderes Instrument ist dasselbe in Fig. 311 dargestellt.

Bei einer gewissen Grösse des Axenwinkels werden die in der Richtung der optischen Axen verlaufenden Strahlen bei ihrem Austritt in Luft total reflectirt und es entsteht daher kein Interferenzbild. Man erhält aber ein solches, wenn man die Platte mit Oel umgiebt, das sich in einem kleinen Glasgefäss befindet. Ist der Br.-I. des Oels $= n$ und $\varepsilon_,$, der halbe scheinbare Axenwinkel in Oel, so geht die Formel II auf S. 188 über in

$$\sin \upsilon = \frac{n}{\beta} \cdot \sin \varepsilon_{,}, \text{ da } \sin \varepsilon = n \cdot \sin \varepsilon_{,}.$$

Fig. 312.



Gelingt es mit Hülfe von Oel bei einer zweiten Platte desselben Minerals, die senkrecht zur zweiten

Mittellinie geschnitten ist, auch noch den stumpfen Winkel $\varepsilon_{,,}$ der optischen Axen zu messen, so wird zur Bestimmung des wahren Axenwinkels die Kenntniss von n und β entbehrlich, denn aus der Messung des spitzen Axenwinkels folgt:

$$\sin \upsilon = \frac{n}{\beta} \cdot \sin \varepsilon_{,} \qquad (1),$$

aus der des stumpfen:

$$\sin (90 - \upsilon) = \frac{n}{\beta} \cdot \sin \varepsilon_{,,} \qquad (2),$$

folglich

$$tg\, \upsilon = \frac{\sin \varepsilon_{,}}{\sin \varepsilon_{,,}} \qquad (3).$$

Unter Benutzung des Werthes für υ aus (3), kann man sich der Gleichung (1) resp. (2) bedienen, um die Grösse $\frac{n}{\beta}$ zu bestimmen und falls n bekannt ist, ergiebt sich somit leicht der Werth für den mittleren Br.-I. β.

Abgesehen von der angeführten Methode der directen Messung des optischen Axenwinkels, lässt sich derselbe aus den 3 Haupt-Br.-I. nach Formel I S. 183 berechnen.

b) Bestimmung der Brechungs-Indices.

Die Bestimmungsmethoden sind dieselben wie die für die isotropen und optisch einaxigen Krystalle; nur handelt es sich hier um die Feststellung von 3 Haupt-Br.-Indices.

Unter Anwendung der Methode des Prismas und der Minimalstellung erlangt man jene 3 Br.-Indices entweder dadurch, dass man 3 Prismen, deren brechende Kanten den optischen Symmetrieaxen parallel sein müssen, der Untersuchung unterwirft oder schon mit Hülfe von 2 Prismen. Im letzteren Fall müssen die brechenden Kanten beider Prismen ebenfalls parallel 2 solcher Axen verlaufen, daneben muss aber die Halbirende des einen Prismas mit der dritten optischen Symmetrieaxe zusammenfallen. — Ebenso genügen schon 2 Prismen, wenn von deren Begrenzungsflächen je eine einem Hauptschnitt des Krystalls parallel geht. Die auf die Prismen auffallenden Strahlen müssen dann aber senkrecht zu diesen Flächen stehen. Die nähere Erläuterung dieser Methode und die zur Anwendung kommenden Rechnungsformeln finden sich bei Groth und bei Liebisch.

Unter Benutzung der auf der Totalreflexion beruhenden Methoden reicht sogar eine einzige Platte aus, um alle 3 H.-Br.-Indices zu bestimmen. Dabei ist aber Voraussetzung, dass diese Platte parallel einer optischen Symmetrieaxe ist. Man orientirt die Platte in dem Instrument[1]) so, dass die Einfallsebene des Lichtes zusammenfällt mit der in der Platte liegenden optischen Symmetrieaxe. Sobald die Platte bis zur Grenze der totalen Reflexion des Lichtes gedreht ist, erfolgt die Fortpflanzung desselben in der Richtung jener Axe, die Schwingungen desselben an den beiden Grenzen müssen demnach parallel den beiden anderen Axen vor sich gehen und so wird es möglich, sogleich 2 H.-Br.-Indices zu bestimmen. Wird alsdann die Platte um 90° in ihrer eigenen Ebene gedreht und wieder auf die Grenze der Totalreflexion eingestellt, so schwingt nunmehr von den beiden Strahlen der

[1]) Zur Ausführung ist sowohl das Kohlrausch'sche wie das Wollaston'sche Instrument geeignet. Da optisch zweiaxige Platten eine bestimmte Orientirung bedürfen, so sind beiden Instrumenten Apparate beigegeben, die eine Drehung der Platte um einen bestimmten Winkel ermöglichen und die Ablesung des Drehungswinkels gestatten.

eine in der Richtung der optischen Symmetrieaxe, während die Schwingungen des anderen senkrecht dazu erfolgen. Mit Hülfe eines vorgesetzten Nicols gelingt es, die Grenze der Totalreflexion für die Schwingungen parallel jener Axe einzustellen und somit den dritten H.-Br.-I. zu erhalten. Es ist klar, dass wenn die Platte parallel einem Hauptschnitt geschnitten ist, in der geschilderten Weise der eine der H.-Br.-I. sogar doppelt bestimmt wird.

Auch nach der Methode SCHROEDER VAN DER KOLK's unter Verwendung des Polarisationsmikroskops und gleich stark brechenden Flüssigkeiten (s. S. 160) lassen sich alle 3 H.-Br.-Indices erhalten.

Eine Methode, den mittleren Br.-I. β allein zu messen, unter Verwerthung des optischen Axenwinkels ist auf vorstehender Seite angegeben.

Zur Berechnung des Br.-Indices für andere Farben als für die gemessenen wird die CAUCHY'sche Dispersionsformel (S. 151, unten) angewendet.

c) Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung.

Aus der Kenntniss der 3 H.-Br.-Indices ergiebt sich der Charakter unmittelbar. Fällt die erste Mittellinie mit c zusammen, so ist der Krystall positiv, fällt sie dagegen mit a zusammen, negativ.

Ohne Kenntniss der H.-Br.-Indices gelingt die Bestimmung des Charakters

1. an Platten senkrecht zur ersten Mittellinie mit Hülfe des Viertelundulationsglimmerblättchens.

Man schiebt die zu untersuchende Krystallplatte so in das Polarisationsinstrument, dass dessen optische Axenebene parallel einem Nicolhauptschnitt geht, wodurch das normale Interferenzbild Fig. 305 erzeugt wird. Wenn man dann ein Viertelundulationsblättchen so hinzufügt, dass

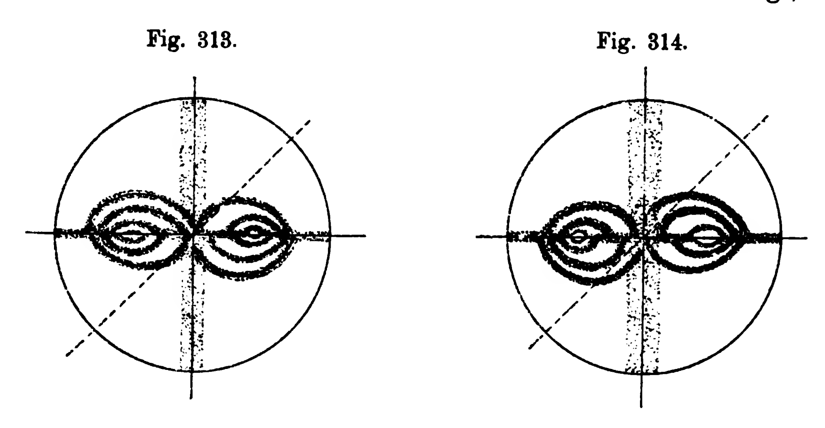


Fig. 313. Fig. 314.

die optische Axenebene desselben 45° mit den Nicolhauptschnitten bildet, findet bei positiven Krystallen eine Abänderung der Interferenzfigur wie in Fig. 313, bei negativen wie in Fig. 314 statt. Diejenigen Quadranten des Interferenzbildes, welche von der optischen Axenebene des Glimmers (in beiden Figuren durch eine gestrichelte Linie angedeutet) durchschnitten

werden, erfahren bei positiven Krystallen eine Verengerung, bei negativen eine Erweiterung.

2. Diese Veränderung des Interferenzbildes ist jedoch nur deutlich, wenn der Axenwinkel klein ist. Ist er gross, so wendet man vortheilhafter den Quarzkeil an. Die Krystallplatte wird in diagonaler Stellung in den Apparat geschoben, sodass die schwarzen Hyperbeln sichtbar sind. Darauf wird der Quarzkeil einmal parallel, ein zweites Mal senkrecht zur Axenebene des Krystalls allmählich eingeführt. In einem dieser Fälle tritt eine Erweiterung der Interferenzcurven ein. Zeigt sich diese Erweiterung dann, wenn der Keil parallel der Axenebene, also parallel der zweiten Mittellinie eingeschoben war, so ist diese Mittellinie negativ, da der Quarz positiv ist; demnach ist die erste Mittellinie die Axe der kleinsten Fortpflanzungsgeschwindigkeit, d. h. die Platte ist positiv. Tritt dagegen die Erweiterung der Ringe ein, wenn die Längsaxe des Keils senkrecht zur Axenebene der Platte steht, so ist letztere negativ.

3. Bei Platten parallel der optischen Axenebene bedient man sich des Quarzkeils und verfährt dabei ganz so, wie es früher (S. 181) bei optisch einaxigen Krystallen geschildert wurde.

D. Charakteristische und unterscheidende Merkmale der zur Abtheilung der optischen zweiaxigen Krystalle gehörenden optischen Klassen und Krystallsysteme.

1. Rhombisches System (Klasse 5).

Die optischen Symmetrieaxen fallen für alle Farben und Temperaturen mit den Krystallaxen zusammen und somit auch die optischen Hauptschnitte mit den Symmetrieebenen.

Es muss daher eines der Pinakoide das Interferenzbild erkennen lassen.

Daraus folgt, dass bei der stauroskopischen Untersuchung auf allen den Flächen gerade Auslöschung stattfindet, deren Begrenzungskanten einer krystallographischen Axe parallel laufen, also auf den Pinakoid- und Prismenflächen.

Ferner folgt, dass die Dispersion der optischen Axen symmetrisch ist, d. h. die verschiedenen Farben haben gleiche Mittellinien und der Winkel beiderseits der Mittellinie ist für dieselbe Farbe gleich gross.

Im Nachstehenden bezeichnet A-E die optische Axen-Ebene, 2 V den wahren Axenwinkel, 2 E den scheinbaren Axenwinkel, M-L die erste Mittellinie.

Beispiele:

Schwefel. opt. +, A-E = {010}, Verticalaxe = M-L.
Br.-I. für Na-Licht: $\alpha = 1{,}958$, $\beta = 2{,}038$, $\gamma = 2{,}240$.
2 V = 69° 40′.

Kalisalpeter. opt. —, A-E = {100}, Verticalaxe = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1,3346$, $\beta = 1,5056$, $\gamma = 1,5064$.
2 V = 7° 12′.

Aragonit. opt. —, A-E = {100}, Verticalaxe = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1,5301$, $\beta = 1,6816$, γ 1,6859.
2 V (berechnet) = 17° 50′, 2 E = 30° 14′.
2 V (gemessen) = 18° 11′, 2 E = 30° 52′.

Cerussit. opt. —, A-E = {010}, Verticalaxe = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1,8037$, $\beta = 2,0763$, $\gamma = 2,0780$.
2 V = 8° 14′, 2 E = 17° 8′.

Schwerspath. opt. +, A-E = {010}, Brachyaxe = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1,6363$, $\beta = 1,6375$, $\gamma = 1,6480$.
2 E = 63° 12′.

Coelestin. opt. +, A-E = {010}, Brachyaxe = M-L.
Br.-I. für Linie D bei 20° C.: $\alpha = 1,61958$, $\beta = 1,62168$, $\gamma = 1,62790$.
2 E (bei 16° C.) = 88° 38′.

Anglesit. opt. +, A-E = {010}, Brachyaxe = M-L.
Br.-I. für Linie D bei 20° C.: $\alpha = 1,87709$, $\beta = 1,88226$, $\gamma = 1,89365$.
2 V bei gewöhnl. Temperatur 75° 24′, bei 200° = 89° 17′.

Olivin. opt. +, A-E = {001}, Brachyaxe = M-L.
Br.-I. für gelb: $\alpha = 1,661$, $\beta = 1,678$, $\gamma = 1,697$.
2 V = 87° 46′.

Kieselzinkerz. opt. +, A-E = {100}, Verticalaxe = M-L.
Br.-I. für gelb: $\alpha = 1,6136$, $\beta = 1,6170$, $\gamma = 1,6360$.
2 V = 46° 9′, 2 E = 78° 39′.

Topas. opt. +, A-E = {010}, Verticalaxe = M-L.
Br.-I. für Linie D: $\alpha = 1,6116$, $\beta = 1,6138$, $\gamma = 1,6211$.
2 V = 56° 39′, 2 E = 100° 40′.

2. Monoklines System (Klasse 6).

Eine der optischen Symmetrieaxen fällt für alle Farben und Temperaturen mit der Orthoaxe (krystallographische Symmetrieaxe) zusammen, während die beiden anderen Axen ihre Lage stets in der Symmetrieebene haben, innerhalb derselben aber für verschiedene Farben und Temperaturen verschieden gelegen sind.

Daraus folgt:

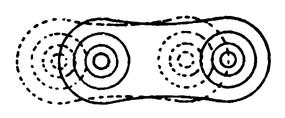
dass bei der stauroskopischen Untersuchung Auslöschung dann stattfindet, wenn eine der Orthoaxe parallele Kante mit einem Nicolhauptschnitt zusammenfällt, d. h. also, die Auslöschung ist auf den Orthodomen eine gerade, auf allen übrigen Flächen eine schiefe.

Bezüglich der Lage der optischen Axenebene und der damit zusammenhängenden Dispersion sind 3 Fälle möglich, je nachdem eine der 3 optischen Symmetrieaxen *a*, *b* oder *c* in die Orthoaxe fallen.

1. **Fällt die Axe der mittleren Geschwindigkeit** 𝔟 **mit der Orthoaxe zusammen**, so wird die Symmetrieebene zur optischen Axen-

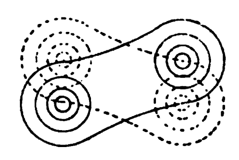
ebene. Das äussert sich bezüglich der Dispersion in der Weise, dass die Axenebene dieselbe bleibt für alle Farben, in derselben aber die erste Mittellinie für jede Farbe eine besondere Lage hat. — Geneigte Dispersion (Dispersion inclinée Des-Cloizeaux). Gyps, Epidot, Diopsid. Schematische Darstellung in Fig. 315.

Fig. 315.



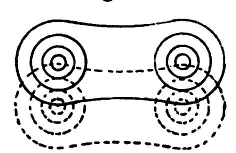
In den beiden anderen Fällen steht die optische Axenebene senkrecht auf der Symmetrieebene. Es kann dann sein

Fig. 316.



2. dass die erste Mittellinie zur Orthoaxe wird. Alsdann muss diese erste Mittellinie für alle Farben dieselbe bleiben, während die Axenebenen für die einzelnen Farben sich fächerartig herum gruppiren. Gedrehte Dispersion (D. tournante ou croisée Des-Cl.). Borax, Heulandit. Schematische Darstellung in Fig. 316.

Fig. 317.



3. Die zweite Mittellinie wird zur Orthoaxe. Die optischen Axenebenen der verschiedenen Farben sind einander und der Orthoaxe parallel, fallen im übrigen aber aus einander. — Horizontale Dispersion (D. horizontale Des-Cl.). Orthoklas. Schematische Darstellung in Fig. 317.

Beispiele.

Gyps. opt. —, A-E bei gewöhnl. Temperatur = {010}. Dispersion geneigt. M-L im stumpfen Winkel der Krystallaxen und bildet mit a einen Winkel von 23° 43′, dabei ist 2 V = 61° 24′.

Br.-I. für die Linie D bei 16,8° C. $\alpha = 1,5207$, $\beta = 1,5228$, $\gamma = 1,5305$.

Epidot. opt. —, A-E = {010}. Dispersion geneigt. M-L fast vertical, liegt im spitzen Winkel und bildet mit c 2° 56′ für Roth, 2° 26′ für Grün.

Br.-I. für Roth: $\alpha = 1,7305$, $\beta = 1,7541$, $\gamma = 1,7677$. 2 V = 73° 36′.

Kaliglimmer. opt. +, A-E senkrecht zur Symmetrieebene. M-L ½°—2° nach hinten gegen Axe c geneigt.

Br.-I. für rothes Glas: $\alpha = 1,537$, $\beta = 1,541$, $\gamma = 1,574$. 2 E = 60°—70°.

Augit. opt. —, A-E = {010}. M-L liegt im stumpfen Axenwinkel und bildet mit c Winkel von 39°—54°, 2 V = 61°—68°; β = ca. 1,70.

Hornblende. opt. —, A-E = {010}. M-L liegt im spitzen Axenwinkel und bildet mit c 1°—18°, 2 V = 80°—85°. β = ca. 1,64.

Orthoklas. opt. —, A-E meist senkrecht {010}. Dispersion horizontal. M-L liegt im stumpfen Axenwinkel, bildet mit c 111°—112°.

Br.-I. für Gelb (Adular vom St. Gotthard): $\alpha = 1,5190$, $\beta = 1,5237$, $\gamma = 1,5260$. 2 V = 69° 43′, 2 E = 121° 6′. (Für andere Varietäten ist der Axenwinkel zuweilen sehr klein, sodass für eine Farbe die Axen zusammenfallen, während sie für eine andere Farbe in {010} aus einander gehen.)

3. Triklines System (Klasse 7).

Zwischen den krystallographischen und den optischen Symmetrieaxen besteht gar keine Beziehung mehr.

Auf allen Flächen hat schiefe Auslöschung statt.

Für verschiedene Farben ändert sich sowohl die Lage der optischen Axenebene wie die der zugehörigen Mittellinien, ohne dass irgend welche Symmetrie hervortritt.

Beispiele.

Albit. opt. +, A-E schneidet }010{ in einer Geraden, welche 20° mit der Brachyaxe, 96½° mit der Verticalaxe bildet. Dispersion stark geneigt, eine andere nicht deutlich erkennbar. Axenwinkel in Oel für Roth 80° 39', für Blau 81° 59'.

§ 5. Circularpolarisirende Krystalle (Opt. Kl. 2 u. 4). — Die in den §§ 2—4 dieses Capitels beschriebenen optischen Klassen besitzen insgesammt die Eigenschaft, dass die in ihren Krystallen sich vollziehenden Lichtschwingungen linear erfolgen. Nun giebt es jedoch noch eine kleine Anzahl von Medien sowohl optisch isotrope wie anisotrope, die dadurch abweichen, dass sie lineare Schwingungen eines eintretenden Lichtstrahles in kreisförmige abändern, was beim Austritt des Lichtstrahles eine Drehung seiner ursprünglichen Schwingungsebene (Polarisationsebene) im Gefolge hat. Das sind die auf S. 172 unterschiedenen optischen Klassen 2 und 4.

Diese Eigenschaft, als Circularpolarisation oder optisches Drehungsvermögen bezeichnet, findet bei isotropen Krystallen in allen Richtungen statt, bei anisotropen Krystallen nur dann, wenn der Lichtstrahl sich in der Richtung einer optischen Axe fortbewegt. Es sind jedoch nur optisch einaxige Krystalle, die Circularpolarisation aufweisen, nicht optisch zweiaxige Krystalle. Stets ist die Erscheinung der Circularpolarisation an solche Krystalle geknüpft, die schon geometrisch durch gewendete (enantiomorphe) Formen auffallen; hingegen giebt es enantiomorphe Krystalle (Sylvin und Salmiak), die die Circularpolarisation nicht zeigen.

Unter den Mineralien ist optisches Drehungsvermögen nur am Quarz und Zinnober vorhanden. Beide Krystalle gehören der trapezoedrischen Tetartoedrie des hexagonalen Systems an und daher treten an diesen die betreffenden Erscheinungen nur hervor, wenn das Licht in der Richtung der Verticalaxe durch sie hindurchgeht, also an parallel zur Basisfläche geschliffenen Platten.

Anm. Das optische Drehungsvermögen wurde 1811 von Arago am Quarz entdeckt und 1817 von Fresnel aus der Circularpolarisation erklärt.

Optisches Verhalten circularpolarisirender Krystalle. — Dasselbe wird am besten im homogenen Licht an Quarzplatten studirt, die, wie oben erwähnt, senkrecht zur optischen Axe geschnitten sein müssen.

a) Quarzplatte im parallelen Licht.

Dieselbe wird im homogenen Licht bei gekreuzten Nicols nicht dunkel, und ebenso ändert sich die Intensität nicht, wenn man die Platte in der eigenen Ebene dreht.

Dunkelheit tritt erst ein, wenn man den oberen oder den unteren Nicol dreht. Die Grösse des Drehungswinkels hängt ab von der Dicke der Platte und von der angewendeten Farbe, also von der Wellenlänge.

Der Drehungswinkel ist nach Biot proportional der Dicke. — Bei Platten von 1 mm Dicke beträgt der Drehwinkel für die nachstehenden Fraunhofer'schen Linien

für	A	B	C	D	E	F	G	H
	12,67°	15,75°	17,32°	21,74°	27,54°	32,77°	42,60°	51,20°.

Bei Anwendung weissen Lichts kann überhaupt in keiner Stellung der Nicols zu einander Dunkelheit eintreten, sondern die Platte muss stets farbig erhellt erscheinen, und zwar bei jeder Veränderung der Nicolstellung in anderer Farbe, vorausgesetzt, dass die Platte eine bestimmte Dicke nicht überschreitet. Die Erscheinung erklärt sich so, dass das Drehungsvermögen für die verschiedenen Farben des weissen Lichts ein verschiedenes ist, sodass für eine bestimmte Stellung der Nicols immer nur eine Farbe ausgelöscht wird und die Platte nunmehr die verbleibende Mischfarbe zeigen muss.

b) Quarzplatte im convergenten Licht.

Das Interferenzbild entspricht dem der linearpolarisirenden optisch einaxigen Medien; doch reicht das dunkle Kreuz nicht bis in das mittlere Feld hinein, sondern dieses erscheint hell und zwar bei homogenem Licht in der Farbe des angewendeten Lichtes, bei weissem Licht in verschiedener Färbung. In letzterem Fall wechseln die Farben mit der Drehung der Nicols nach Art der Spectralfarben. Beim Uebergang von Violett nach Roth tritt bei Platten von weniger als 5 mm Dicke eine neutrale violettgraue Färbung (teinte de passage, teinte sensible) auf, die bei der geringsten Drehung eines der beiden Nicols oder einer hinzugefügten anisotropen Krystallplatte in Roth oder in Violett umschlägt. Daher kann eine solche auf die teinte sensible eingestellte Quarzplatte zur Erkennung schwacher Doppelbrechung verwendet werden (cf. S. 165). Bei einer Platte von 3,75 mm Dicke tritt die teinte sensible dann auf, wenn die Nicols parallel sind; bei gekreuzten Nicols färbt sich das Gesichtsfeld gelb.

Erklärung. Die aus dem Polarisator in die Quarzplatte eintretenden linearpolarisirten Lichtstrahlen zerfallen in derselben in 2 Strahlen mit entgegengesetzt gerichteten kreisförmigen Schwingungen von gleicher Intensität, aber verschiedener Geschwindigkeit. Beim Austritt aus der Quarzplatte vereinigen sich dieselben wieder zu gemeinsamer linearer Schwingung, aber da eine der beiden Kreisschwingungen der anderen vorausgeeilt ist, so ist die resultirende Schwingungsrichtung des austretenden Strahls nicht jener des eintretenden mehr parallel. Es muss daher der obere Nicol gedreht werden, um Auslöschung zu erzeugen, und zwar um so mehr, je dicker die Platte und je grösser die Geschwindigkeit des angewandten homogenen Lichtes ist, also mehr beim Violett als beim Roth.

Bei weissem Licht tritt aus letzterem Grunde Dispersion ein, die jedoch für das Auge erst sichtbar wird, wenn durch den oberen Nicol einzelne λ ausgelöscht oder geschwächt sind.

Unter den Quarzen giebt es nun solche, bei denen die Polarisationsebene nach rechts, und solche, bei denen sie nach links gedreht werden muss, um bei homogenem Licht Auslöschung zu erzielen. Danach unterscheidet man rechts und links drehende Quarze. Dieses optische Verhalten steht in Uebereinstimmung mit der krystallographischen Ausbildung. An den Rechtsquarzen finden sich die positiven Trapezoederflächen rechts, an den Linksquarzen finden sich dieselben Flächen links von der Hauptrhomboederfläche.

Ob rechts- oder linksdrehende Quarze vorliegen, kann man auch noch in anderer Weise erkennen. Die normale Reihenfolge der Newton'schen Farben vom Roth über Gelb zum Blau erfolgt bei ersteren durch Rechtsdrehung, bei letzteren durch Linksdrehung des oberen Nicols. — Ferner: die Interferenzringe eines Rechtsquarzes erweitern sich durch Rechtsdrehung des oberen Nicols, diejenigen des Linksquarzes durch eine Linksdrehung.

Legt man eine rechts- und eine linksdrehende Quarzplatte über einander, so entsteht die Interferenzfigur der Airy'schen Spirale, eine Figur, die zuweilen auch einzelne Platten von Quarzzwillingen nach dem Brasilianer Gesetz wahrnehmen lassen.

In ganz gleicher Weise wird die Circularpolarisation am Zinnober wahrgenommen, nur ist das Drehungsvermögen desselben 15mal so stark. Weiter zeigen eine Reihe künstlicher Krystalle, wie Natriumchlorat, Strychninsulfat, ausserdem auch einige Flüssigkeiten und Gase die Fähigkeit, das Licht circular zu polarisiren. Soweit es sich um Krystalle, natürliche wie künstliche, handelt, sind dieselben allesammt, wie S. 195 bemerkt, enantiomorph entwickelt. Dennoch ist die Enantiomorphie nicht die einzige Bedingung für Circularpolarisation, denn diese tritt nicht auf bei den isomorphen Nitraten des Bleis, Strontiums, Baryums, welche in typisch regulär tetartoedrischen, also enantiomorphen Formen krystallisiren.

Die Ursache der Circularpolarisation ist in der molekularen Structur des Mediums zu suchen, was durch die Reusch'sche Combination von

zweiaxigen Glimmerblättchen, die unter Winkeln von 120° auf einander geschichtet, Circularpolarisation zeigen, sehr wahrscheinlich gemacht wird.

§ 6. Optische Anomalien. Unter optischen Anomalien versteht man die Eigenthümlichkeit gewisser Krystalle, dass dieselben optische Eigenschaften aufweisen, die ihnen nach ihrer rein geometrischen Symmetrie nicht zukommen sollten.

Namentlich besteht eine Discordanz zwischen morphologischer Beschaffenheit und optischem Verhalten bei gewissen Krystallen des regulären Systems, die sich als anisotrop erweisen und solchen des tetragonalen und hexagonalen Systems, die in der Richtung der Hauptaxe doppelbrechend sind. Dabei zeigt sich jedoch vielfach, dass nur gewisse Varietäten eines und desselben Minerals anomale Erscheinungen darbieten, während andere sich ganz gesetzmässig verhalten, ferner dass die anomale Erscheinung nicht an allen Stellen derselben Krystallplatte dieselbe ist und dass häufig auf solchen Platten bei der Betrachtung zwischen gekreuzten Nicols eine Theilung in Felder und Sectoren eintritt. Nach den Untersuchungen von C. Klein und Ben-Saude können die anomalen optischen Erscheinungen eines Krystalls sogar verschieden sein, wenn die aus ihm hergestellten Platten verschiedenen Flächen parallel gehen.

Gewöhnliche Beispiele anomalen optischen Verhaltens bieten im regulären System gewisse Vorkommnisse des Alauns, Steinsalzes, Diamants, Granats und Flussspaths, ferner der Boracit, Leucit und Perowskit; im tetragonalen System Apophyllit, Zirkon, Vesuvian, Mellit, im hexagonalen System Turmalin, Beryll, Chabasit etc.

Die Erklärung dieser Abweichungen ist in verschiedener Weise versucht worden, namentlich sind 3 Anschauungen hervorzuheben, die zwar für gewisse Fälle die zweifellos richtige Deutung geben, für andere jedoch nur als hypothetisch gelten können.

1. Die optischen Anomalien sind die Folge von im Innern des Krystalls herrschenden Spannungen.

Durch den Versuch lässt sich nachweisen, dass Glas und die verschiedensten regulären Mineralien durch Druck und Pressung doppelt brechend werden, wie es am bequemsten mit einem von Bücking construirten Apparat nachgewiesen werden kann, der die Grösse der ausgeübten Pressung zu reguliren und messen gestattet. Glasstreifen, die mit der Hand gebogen werden, hellen das Gesichtsfeld bei gekreuzten Nicols auf. In der isotropen Blende bilden sich bei mässigem Druck anisotrope Banden parallel den Oktaederflächen. Die gleiche Wirkung wie der Druck haben Erwärmung und schnelle Abkühlung.

Alaun, aus einer stark mit CO_2 geschwängerten Lösung auskrystallisirt, ist anisotrop, wenn dagegen chemisch rein oder ohne isomorphe

Beimischung, isotrop. In wieweit einfache Spannungen von Einfluss sein können, lässt sich aus dem Umstand bemessen, dass Colloidsubstanzen (Gelatine) in Hohlformen von Oktaedern etc. erstarrt, Doppelbrechung zeigen.

Analog können nun bei der Auskrystallisation aus wässriger Lösung, beim Erstarren aus dem feuerflüssigen Zustand, beim Fortwachsen in Folge mechanischer Einschlüsse (fremde Krystalle und Gase) Spannungen entstehen, die eine Störung der Molekularstruktur hervorrufen.

Auf Spannung muss es auch nach Brauns zurückgeführt werden, wenn durch isomorphe Beimischungen sonst reguläre Krystalle doppelbrechend werden. Während die aus ungemischten Lösungen anschiessenden Krystalle von Alaun, von Baryumnitrat und Bleinitrat isotrop sind, erlangen sie Doppelbrechung, sobald sie aus Mischlösungen auskrystallisiren. Es liegt somit nahe, die gerade bei isomorph gemischten Mineralien häufig zu beobachtenden optischen Anomalien (z. B. Granat, Hauyn, Sodalith, Chabasit, Turmalin, Apatit, Vesuvian etc.) als Spannungserscheinungen zu deuten, die durch die Mischung chemisch verschiedener Substanzen innerhalb desselben Krystalls hervorgebracht wurden.

2. Die von Mallard scharfsinnig vertheidigte Ansicht, dass die optischen Anomalien auf mimetische Zwillingsbildungen zurückzuführen sind.

Die häufige Beobachtung, dass Zwillinge die Symmetrie höherer Systeme nachahmen, bringt auf die Vermuthung, dass Krystalle mit anomalem optischen Verhalten Sammelformen darstellen, welche sich aus in cyclischer Zwillingsverwachsung befindlichen Individuen von niederer Symmetrie aufbauen, wobei die im convergenten Licht an Platten wahrzunehmende Feldertheilung einer solchen Deutung entspricht.

Dazu kommt die experimentelle Wahrnehmung, dass durch Aufeinanderschichtung von optisch zweiaxigen Glimmer- und Penninlamellen die Erscheinungen optisch einaxiger Krystalle hervorgebracht werden können. Gleich dicke Spaltplatten von Kalkspathkrystallen, die mit den Spaltflächen auf einander gelegt und um 180° gegen einander gedreht sind, die also einen künstlichen Zwilling nach R bilden, wirken wie eine isotrope Platte. So wird es verständlich, wenn derartige Beobachtungen von Mallard verallgemeinert werden konnten und er die optischen Anomalien überhaupt auf wiederholte versteckte Zwillingsbildung zurückführte. Nach ihm besteht der Alaun aus 8 hexagonalen, der Boracit und Flussspath aus 12 rhombischen, der Granat aus vielen triklinen, der Analcim aus 12 rhombischen Individuen etc.

3. Die Anomalie ist nur eine scheinbare, besteht nur für bestimmte Temperaturen und erklärt sich durch Dimorphie der Krystalle.

Jede der sub 1 und 2 erläuterten Anschauungen ist geeignet, in bestimmten Fällen die optische Anomalie zur Genüge aufzuklären. Für das eigenthümliche optische Verhalten jedoch, das gewisse Mineralien, wie Leucit, Boracit u. a., darbieten, erscheint eine anderweitige Erklärung nothwendig, nämlich die, dass überhaupt keine Anomalie vorliegt, sondern dass die Discordanz zwischen Form und optischem Verhalten durch Dimorphie zu Stande kommt in der Art, dass das Mineral unter Beibehaltung der Krystallform, welche seiner Molekularstructur bei der Bildung entsprach, sich in Folge äusserer Einwirkungen (Temperaturveränderung etc.) in eine dimorphe Modification umsetzte, der nun die optischen Eigenschaften entsprechen. Bei einer solchen Dimorphie ist also Bedingung, dass die die zweite Form aufbauenden Individuen Form- und Winkelverhältnisse darbieten, die die Beibehaltung der ursprünglichen Gestalt innerhalb sehr naher Grenzen ermöglichen. So wurde von Mallard nachgewiesen, dass der seiner Form nach typisch regulär-hemiedrische, seinem optischen Verhalten nach rhombische Boracit bei einer Temperaturerhöhung auf ca. 265° plötzlich für alle Farben isotrop wird und dies auch bei weiterer Temperatursteigerung bleibt, dagegen bei sinkender Temperatur wieder anisotrop wird. — Ebenso wird, wie C. Klein dargethan, eine das optische Verhalten rhombischer Krystalle darbietende Platte von Leucit, dessen charakteristische Form das reguläre Ikositetraeder ist, bei beginnender Rothgluth isotrop. Zu beachten ist, dass der Leucit aus dem Schmelzfluss erstarrt ist, die Krystalle sich also bei einer Temperatur gebildet haben, wo Form und optisches Verhalten dem regulären System entsprechen. Aehnliches gilt dann noch vom Tridymit, dessen scheinbar hexagonale Tafeln bei gewöhnlicher Temperatur sich optisch als Zwillinge trikliner Krystalle ausweisen, bei einer Erwärmung auf etwa 130° in der Richtung senkrecht zu den Tafeln aber einfach brechend werden, d. h. den Forderungen des hexagonalen Systems entsprechen. Auch für den äusserlich regulären, optisch rhombischen Perowskit dürfte nach C. Klein eine entsprechende Erklärung möglich sein, wenn es auch bisher noch nicht erwiesen ist.

Für das Verständniss und die Deutung der optischen Anomalien mancher Mineralien kommt dann aber weiter noch in Betracht, dass wasserhaltige Mineralien, wie gewisse Zeolithe (z. B. Chabasit) nach den Untersuchungen C. Klein's in Folge stattgehabter Verwitterung anomale optische Erscheinungen zeigen, die beim Erwärmen in Wasserdampf wieder in die normalen übergehen. In einzelnen Fällen mag auch Biot's Polarisation lamellaire zur Erklärung ausreichen. Dieselbe setzt lamellären Aufbau des Krystalls voraus, dessen Lamellen in ihrer Gesammtheit wie ein polarisirendes Glaspacket wirken.

Von der reichen Literatur über optische Anomalien mag hier nur auf die zusammenfassende Preisschrift von R. Brauns, Die optischen Anomalien der Krystalle, Leipzig 1891, hingewiesen sein.

Capitel VI.

Anderweitige optische Eigenschaften.

§ 1. Glanz, Schiller, Farbenwandlung, Asterismus, Lichtfiguren. § 2. Durchsichtigkeit. § 3. Farbe. § 4. Pleochroismus. § 5. Fluorescenz. § 6. Phosphorescenz. § 7. Luminescenz.

§ 1. Glanz. — Der Glanz zeigt sich im reflectirten Licht und hängt von der Oberflächenbeschaffenheit, der Grösse der Brechungsindices, von der Absorption und anderem ab. Nach der Qualität desselben unterscheidet man:

Metallglanz, der sich typisch nur bei undurchsichtigen Mineralien findet. Metalle und viele Erze.

Diamantglanz, typisch nur an durchsichtigen Mineralien. Diamant, Weissbleierz und andere Bleisalze. Eine Abart ist der diamantartige Metallglanz der Blende, des Rothgültigerzes etc.

Glasglanz, bei den meisten durchsichtigen Mineralien; die grosse Mehrzahl der Silicate.

Fettglanz bei gewissen muschlig brechenden Mineralien wie Eläolith, Gangquarz, Cordierit.

Perlmutterglanz bei leicht spaltbaren durchsichtigen Mineralien, veranlasst durch Totalreflexion an dünnen Luftschichten. Gyps, Glimmer, Desmin.

Seidenglanz bei durchsichtigen faserigen Mineralien und durch die Faserstructur bedingt. Fasergyps, Faserkalk, Faserbaryt, Katzenauge, Weissbleierz.

Der grössere oder geringere Grad des Glanzes wird bedingt durch die äussere Beschaffenheit der Krystallflächen, durch die Structur, das Korn etc. Es lassen sich vielerlei Abstufungen unterscheiden, wie starker, schwacher Glanz, schimmernd (Feuerstein), matt (Kreide) etc.

Die Vertheilung der Art und Stärke des Glanzes auf die verschiedenen Flächen eines Krystalls erfolgt wiederum im Sinne der Symmetrie. —

Manche Mineralien besitzen die Eigenthümlichkeit, dass sie auf gewissen Flächen ihrer Krystalle oder in gewissen Richtungen einen eigenartigen metallischen Schiller, einen milden Lichtschein ausstrahlen bezw. ein buntes Farbenspiel zeigen. So glitzert der Hypersthen metallisch, beim Sonnenstein leuchten mehr oder minder zahlreiche Punkte im Innern auf (aventurisiren), mancher Feldspath, z. B. Albit von

Amelia in Virginia, Adular vom Zillerthal, besonders schön aber die als Mondstein bezeichnete Feldspathvarietät von Ceylon erglänzt in einem milden, bläulichen Licht (glaukisiren); Farbenspiel beobachtet man an manchem Labrador (labradorisiren), vor allem aber am edlen Opal. Diese Erscheinungen des Schillerns und der Farbenwandlung sind auf innere Reflexe an eingelagerten nadeligen, blättchenförmigen oder unregelmässigen Interpositionen, an Luftporen und Haarklüften zurückzuführen. Sind solche Interpositionen gleichviel welcher Art regelmässig angeordnet, so kommen auch entsprechend regelmässige Reflexbilder zu Stande, die deutlicher bald im auffallenden, bald im durchfallenden Licht erscheinen. Bei einseitig linearer Anordnung der Einlagerungen entsteht ein einzelner, gleitender Lichtschimmer, wie das besonders typisch an mugglig geschliffenen, faserigen Mineralien, den Katzenaugen, sichtbar wird; bei gitterartig durchkreuzenden Interpositionen entstehen drei-, sechs- und vielstrahlige Lichtfiguren oder Lichtreflexe. Diese sternartigen Bilder, die ausgezeichnet am Sternsapphir, aber auch an manchem Glimmer wahrnehmbar sind, haben den Namen Asterismus für diese Erscheinung veranlasst.

Eigenthümliche Lichtreflexe werden auch bei fein gerauhter Oberfläche der Krystalle sichtbar. Der Atlasschimmer mancher Kalkspathkrystalle liefert ein Beispiel. Rührt die Zeichnung der Krystallflächen von orientirter Streifung oder von zahlreicher über die Fläche ausgestreuten Aetzgrübchen oder Hügelchen her, so entstehen wiederum im reflectirten Licht regelmässig strahlige Figuren, die Lichtfiguren im engern Sinn. Dieselben lassen sich auch durch künstliche Anätzung von Krystallflächen erzeugen. —

Die in einen Körper eintretenden Aetherschwingungen des Lichtes gehen nicht völlig ungehindert durch denselben hindurch, sondern theilen sich in höherem oder geringerem Maasse den Körpermolekülen mit, sind also in gewissem Sinne mit Resonanz zu vergleichen. Das eintretende Licht wird dadurch geschwächt.

Vermehren durch die eintretenden Lichtstrahlen die Körpermoleküle ihre Schwingungszahl nur in solchem Grade, dass diese noch nicht zur eigenen Lichtemission ausreicht, so führt die Erscheinung den Namen Absorption, wird die Schwingungszahl derart erhöht, dass der Körper selbst leuchtend wird, so heisst die Erscheinung für den Fall, dass dieselbe mit der Bestrahlung beginnt und aufhört, Fluorescenz, dagegen Phosphorescenz, wenn sie erst nach der Bestrahlung beginnt und darüber hinaus noch eine Zeit lang fortdauert.

Auf der Absorption beruhen im Wesentlichen die Eigenschaften der Durchsichtigkeit, der Körperfarbe und des Pleochroismus.

§ 2. Durchsichtigkeit. — Wenn ein Mineral alle eintretenden Lichtstrahlen ganz oder nahezu absorbirt, gleichviel, welches auch die Wellenlängen sind, so erscheint dasselbe im durchfallenden Licht undurchsichtig. Lässt es dagegen Licht irgend welcher Wellenlänge mehr oder minder vollständig hindurch, so ist es durchsichtig, und zwar farblos durchsichtig, wenn dies in gleicher Weise für alle Wellenlängen, farbig durchsichtig, wenn es nur für bestimmte Wellenlängen gilt. Völlig homogen farbig durchsichtige Körper giebt es jedoch nicht. Es ist verständlich, dass man eine ganze Reihe von Abstufungen zwischen wasserhell durchsichtigen, durchscheinenden und undurchsichtigen Mineralien unterscheiden kann und dass es Körper und Mineralien giebt, die für gewisse Farben durchsichtig, für andere undurchsichtig sind.

Die Durchsichtigkeit eines Minerals hängt ferner sehr wesentlich von dessen Dicke ab, daher lassen sich an der Mehrzahl derselben die verschiedensten Grade der Durchsichtigkeit wahrnehmen. Mineralien, die auch in ganz dünnen Schichten noch nicht durchsichtig werden, heissen opak. Dahin gehören die Metalle und die meisten Erze. Doch wird u. A. auch der opake Magnetit, wenn er zwischen Glimmerlamellen eingewachsen ist (z. B. der von Pensburg), mit brauner Farbe durchscheinend.

Neuerdings ist auch die Durchlässigkeit der Mineralien gegen Röntgen-(X-)Strahlen von Dölter untersucht worden, wobei sich keineswegs immer Uebereinstimmung mit Durchsichtigkeit ergeben hat. So ist Graphit für die X-Strahlen völlig durchlässig, wenig durchlässig sind Steinsalz, Flussspath und Muscovit, fast oder ganz undurchlässig sind Gyps, Kalkspath, Schwerspath, Zirkon, Blende, Zinnober etc.

§ 3. Farbe der Mineralien. — Die an den Mineralien zu beobachtenden Farben können verschiedene Ursache haben.

Die sogen. Körperfarbe, das charakteristische Merkmal vieler Mineralien, beruht auf dem ungleichen Absorptionsvermögen der Körper für Licht verschiedener Wellenlängen, wird aber im Gegensatz zur Durchsichtigkeit im auffallenden Licht beobachtet. Die Farbe des Minerals kommt zu Stande durch Vermischung und Reflexion der bei der Absorption übrig gebliebenen Wellenlängen. Demnach sind also farblose Mineralien solche, die alle Wellenlängen in demselben Maasse absorbiren, wie sie in dem auffallenden Licht gemischt waren, farbige hingegen die, welche einzelne Wellenlängen ganz oder zum grössten Theil absorbiren und nun den Rest zurückwerfen. Die ausgelöschten Farben lassen sich durch ein Spektroskop controliren. Daraus folgt dann, dass die Körperfarbe eines Minerals abhängt von der Zusammensetzung des auffallenden Lichts und somit manche Mineralien anders gefärbt erscheinen, ob sie vom auffallenden Tageslicht, dem Licht der Gasflamme oder dem Licht der Grubenlampe beleuchtet werden. Das nimmt

man oftmals in der Grube wahr, wo die Erze ganz anders aussehen können, als man sie auf der Halde oder in den Sammlungen zu sehen gewöhnt ist.

Man muss farbige (idiochromatische) und gefärbte (allochromatische) Mineralien unterscheiden, je nachdem die Farbe von der Substanz des Minerals selbst herrührt oder bedingt wird durch diejenige einer farbigen isomorphen Beimischung (dilut gefärbt) bezw. durch ein zufällig eingemengtes Pigment (mechanisch gefärbt). Zu den farbigen Mineralien gehören die Metalle, die meisten Erze etc., zu den gefärbten die grosse Mehrzahl der Oxy- und Haloidsalze.

Während die Farbe für die idiochromatischen Mineralien ein charakteristisches Merkmal abgiebt, ist sie für die allochromatischen ganz nebensächlich und kann sich an verschiedenen Stücken desselben Minerales, ja an verschiedenen Stellen eines und desselben Stückes ändern. — Die rothe Farbe des Rothgültigerzes ist idiochromatisch, die rothe des Carnallits, Heulandits, Apophyllits allochromatisch. Die Substanz der Blende ZnS ist an und für sich farblos, erhält aber durch dilute Beimischung von FeS den gewöhnlichen braunen oder schwärzlichen Farbenton. Aehnliches gilt von vielen Magnesiasilicaten. Die verschiedenen Färbungen des Quarzes, Flussspathes, Apatits etc. beruhen auf Pigmentirung. Als gewöhnliche färbende Beimengung fungiren Metalloxyde (Fe, Cr, Ti etc.) und Kohlenwasserstoffe.

Die Mannichfaltigkeit der an den Mineralien auftretenden Farben ist überaus gross; in der Hauptsache lassen sie sich aber auf die nachstehenden, schon von Werner hervorgehobenen zurückführen: weiss, grau, schwarz, roth, gelb, braun, blau, grün. Innerhalb derselben können eine grosse Anzahl von Schattirungen und Abstufungen unterschieden werden, deren scharfe Auffassung für die idiochromatischen Mineralien ein ausgezeichnetes Merkmal abgiebt.

Zur genauen Bezeichnung der einzelnen Farben und Farbennuancen erweist sich die Radde'sche „Internationale Farbenskala“ als praktisch.

Durch Hinzutreten metallischen Glanzes werden die Farben noch in charakteristischer Weise modificirt (metallische Farben).

Von der Körperfarbe eines Minerals ist die Farbe des Pulvers oder Striches (Strichfarbe) zu unterscheiden. Dieselbe tritt hervor, wenn man das Mineral pulvert oder auf einer Feile resp. unglasirten Porzellanplatte reibt. Bei den allochromatischen Mineralien ist die Strichfarbe durchweg weiss, bei den idiochromatischen durchweg um vieles heller, weil die Lichtzerstreuung sich geltend macht. Die Strichfarbe liefert ein wichtiges und leicht wahrnehmbares Merkmal bei der Erkennung von Mineralien. —

Neben der vorstehenden, auf Absorption beruhenden Körperfarbe können an den Mineralien auch noch in anderer Weise Farben zu Stande kommen, die aber nicht so specifisch der Substanz anhaften und nur unter besonderen Umständen hervorgehen. Findet die farbengebende

Absorption schon auf der äussersten Oberflächenschicht vollständig statt, so ist die Färbung im reflectirten Licht eine andere als im durchfallenden Licht und ist ausserdem noch von einem metallischen Schiller begleitet. Solche Oberflächenfarben sind von den Anilinfarbstoffen, vom Kaliumpermanganat her bekannt. Durch innere Reflexe werden Farben erzeugt, deren wir schon oben in § 1 als Irisiren, Labradorisiren, Glaukisiren gedacht haben. Auf Brechung und Dispersion beruht das Farbenspiel des Diamanten, auf Interferenz die bunten, zuweilen metallisch erglänzenden Anlauffarben, wie sie besonders schön auf Brauneisen-Sinter, auf Buntkupfererz und Kupferkies auftreten.

§ 4. Pleochroismus. — Die Absorptionsfähigkeit ist bei anisotropen durchsichtigen Krystallen in verschiedenen Richtungen ungleich, sowohl was die Qualität als die Quantität der Absorption anlangt. In dem Fall, dass die Qualität der Absorption, also die Absorption einzelner Wellenlängen verschieden ist, ist auch die Farbe in verschiedenen Richtungen, d. h. auf verschiedenen Flächen nicht mehr dieselbe. Diese Eigenschaft wird als Pleochroismus bezeichnet.

Reguläre Krystalle sind somit immer monochroitisch.

Diejenigen Richtungen, in denen die Absorption die grössten Abweichungen aufweist, heissen Axen der Absorption. In optisch einaxigen Krystallen sind 2 Absorptionsaxen vorhanden, die mit der Hauptaxe und deren Normalen zusammenfallen (daher Dichroismus), in optisch zweiaxigen Mineralien sind 3 Absorptionsaxen vorhanden, die im rhombischen System den 3 optischen und damit auch krystallographischen Symmetrieaxen entsprechen. Dagegen fällt im monoklinen System nur noch die Symmetrieaxe, im triklinen System keine der optischen Symmetrie- bezw. Krystallaxen mit den Absorptionsaxen zusammen.

Da das blosse Auge immer nur den Gesammteindruck der in verschiedenen Richtungen herrschenden Farben erhält, so ist von Haidinger ein kleines Instrument (Dichroskop, Haidinger'sche Lupe) construirt, das gestattet, statt der sogen. Flächenfarbe die Farbe jeder einzelnen Richtung gesondert wahrzunehmen. Dem Instrument liegt das Princip zu Grunde, dass ebenso wie bei der wechselnden Richtung eines durch einen anisotropen Krystall hindurchgehenden Lichtstrahls auch bei dem damit correspondirenden Wechsel der Schwingungsebene sich die Farbenunterschiede zu erkennen geben, dass man also im linear polarisirten Licht ein Mittel hat, die einzelnen Farben zu trennen.

Das Instrument Fig. 318 besteht in der Hauptsache aus einem in einer Messinghülse befindlichen Kalkspathspaltungsstück, dessen Länge so gewählt ist, dass ein kleiner quadratischer Ausschnitt in der die Hülse vorn abschliessenden Metallplatte in Folge der Doppelbrechung 2 völlig von einander getrennte Bilder liefert.

Hält man nun den zu untersuchenden farbigen anisotropen Krystall (am besten in Gestalt einer Platte) vor den quadratischen Ausschnitt, so beobachtet man in allen doppelbrechenden Richtungen jenes Krystalls gleichzeitig 2 mehr oder weniger verschieden gefärbte Felder, die aber bei einer gewissen (symmetrischen) Stellung des Dichroskops zur Platte ident werden. In der Richtung der einfachen Brechung (der optischen Axe des Krystalls) zeigen natürlich beide Felder stets gleiche Färbung.

Fig. 318.

Eine Modification dieses Verfahrens, namentlich bei der mikroskopischen Untersuchung von Dünnschliffen von Vortheil, ist von TSCHERMAK vorgeschlagen. Man hat nur von dem Polarisationsinstrument oder dem polarisirenden Mikroskop einen der beiden Nicols zu entfernen. Durch Horizontaldrehung der Platte bekommt man dann nach einander die Farben der beiden verschiedenen Schwingungsebenen zu Gesicht.

An manchen Krystallen lässt sich die Erscheinung des Pleochroismus direct wahrnehmen, so an manchen Beryllen, Cordieriten und Turmalinen, ferner am Pennin und besonders schön am künstlichen Magnesiumplatincyanür. Unter Benutzung des polarisirten Lichtes wird der Pleochroismus namentlich für den Petrographen zu einem werthvollen Unterscheidungsmittel. So erkennt man Biotit, Turmalin, Epidot am Pleochroismus und unterscheidet auf Grund desselben Hornblende von Augit. Praktisch wird auch für die Unterscheidung von Edelsteinen die Untersuchung auf Pleochroismus.

§ 5. Fluorescenz. Die Fluorescenz findet sich unter den Mineralien selten, am schönsten an den grün oder blau gefärbten Flussspathen, namentlich an dem grünen von Derbyshire und Cumberland. Ein durch eine Sammellinse in einen solchen grünen Fluorit geworfener Lichtkegel lässt denselben in prächtig blauer Farbe aufleuchten. Bei Lampenlicht roth durchsichtiger Chrysoberyll erscheint im auffallenden Licht grün. Wendet man bei Fluorescenzuntersuchungen einen Kegel polarisirter Lichtstrahlen an, so werden letztere apolarisirt.

§ 6. Phosphorescenz. — Dieselbe wird, wie oben erwähnt, hervorgerufen durch Erhöhung der Schwingungszahl der Körpermoleküle bis zum Selbstleuchten. Ausser durch Bestrahlung kann dies noch in anderer Weise bewirkt werden; immer aber wird die Phosphorescenz nur bei einer beschränkten Anzahl von Mineralien wahrgenommen:

Im einzelnen erfolgt die Phosphorescenz

1. durch Bestrahlung (Insolation) seitens des Sonnen- oder Tageslichtes.

   Diamant, gebrannter Baryt (Bologneser Spath); in geringem Maasse Strontianit, Calcit, Kreide, Aragonit, Fasergyps etc.; keine Silicate.

2. durch Erwärmung.

   Topas, Diamant und Flussspath, wo zuweilen schon die Wärme der Hand ausreichend ist; bei anderen Mineralien (Phosphorit, Calcit, manchen Silicaten) muss auf 100 und mehr Grad erwärmt werden.

3. durch Elektricität.

   Der elektrische Funke ruft am grünen Flussspath, am Bologneser Spath Phosphorescenz hervor.

4. durch mechanische Einwirkung.

   Beim Zerbrechen, Zerstossen, Kratzen, Schleifen und Reiben zeigen manche Mineralien wie Zinkblende (von Kapnik), Dolomit, Marmor, Quarz, Glimmer etc. die Erscheinung der Phosphorescenz.

§ 7. Als Luminescenz bezeichnet man die Erscheinung, dass unter der Einwirkung von Röntgenstrahlen gewisse Substanzen und darunter zahlreiche Mineralien zum Selbstleuchten gebracht werden. Vor allen zeigt das Baryumplatincyanid diese Erscheinung im höchsten Grade; unter den Mineralien sind es vornehmlich Flussspath, Scheelit, Wollastonit, Apatit, Zirkon, Kalkspath, Cerussit, Anglesit, Steinsalz, Kerargyrit, Matlockit, Diamant, Adular, Kieselzink u. a. Dabei ist aber zu bemerken, dass selbst bei dem gleichen Mineral die Leuchtkraft beträchtlich wechseln kann je nach dem Fundort, ja sogar je nach der Färbung. (Vergl. Keilhack, Ueber die Luminescenz. Zeitschr. d. deutschen geol. Ges. Verhandl. S. 131. Bd. 50. 1898.)

Capitel VII.

Thermische, magnetische und elektrische Eigenschaften der Mineralien.

1. Thermische Eigenschaften.

Soweit es sich um die Ausbreitung der Wärme, also um Wärmestrahlung, Wärmeleitung und um die davon abhängige Eigenschaft der Ausdehnung durch Wärme handelt, bietet das thermische Verhalten der Mineralien und Krystalle das vollständigste Analogon zu dem optischen. Die Krystalle lassen in ganz gleicher Weise eine Eintheilung in thermisch isotrope und in thermisch ein- und zweiaxige Klassen zu, die sich mit den entsprechenden optischen und morphologischen Klassen völlig decken. Der praktischen Benutzung thermischer Eigenschaften zur Feststellung der äusseren Symmetrie der Krystallform steht jedoch die schwierige Art der Beobachtung hindernd im Wege.

Nur die eben erwähnten, die Ausbreitung der Wärme bedingenden und begleitenden Erscheinungen der Strahlung, Leitung und Ausdehnung sollen hier eine kurze Erörterung finden.

a) Wärmestrahlung. Dieselbe beruht gleich dem Licht auf Wellenbewegung und hat daher in ganz gleicher Weise die Erscheinungen

der Reflexion, der Brechung und Doppelbrechung, der Interferenz sowie der linearen bezw. circularen Polarisation etc. zur Folge.

Vorzugsweise Bedeutung — weil nämlich leicht wahrnehmbar — haben die von der Absorption der Wärmestrahlen abhängigen Erscheinungen.

Mit Rücksicht auf dieselbe lassen sich wärmedurchlässige (diathermane) und wärmeundurchlässige (adiathermane) Mineralien unterscheiden. Die beiden dadurch gebildeten Abtheilungen decken sich nicht immer mit den optischen Klassen der durchsichtigen und undurchsichtigen Mineralien; zwar sind alle undurchsichtigen Mineralien adiatherman, aber eine Reihe durchsichtiger Mineralien ist wenigstens für die dunklen Wärmestrahlen mehr oder weniger undurchlässig, so z. B. Kalkspath, Gyps, Alaun theilweise, vollständig das Eis.

Diathermane Medien sind nicht für alle Wärmestrahlen gleich gut durchlässig; sie absorbiren einzelne, während andere ungehindert hindurchgehen. Es lassen sich somit wärmefarblose und wärmefarbige (thermochroitische) Mineralien unterscheiden. So ist gewöhnlicher Alaun für das Licht völlig farblos, der Wärme gegenüber aber gefärbt. Wärmefarblose Körper giebt es nur in geringer Anzahl, z. B. KCl, NaCl, AgCl, ZnS.

b) Wärmeleitung. Die Leitungsfähigkeit für Wärme ist bei verschiedenen Mineralien sehr verschieden. Beim Silber ist sie am grössten; setzt man dieselbe beim Silber gleich 100, so ist nach Wiedemann und Franz (1853) die Wärmeleitungsfähigkeit für Kupfer 73,6, für Gold 53,2, für Zink 19, für Zinn 14,5, für Eisen 11,9, für Blei 8,5, für Platin 8,4, für Wismuth 1,8.

Die verschiedene Wärmeleitung kann zuweilen ein bequemes Unterscheidungsmerkmal abgeben. Marmor leitet die Wärme weit besser als Alabaster, und man kann daher z. B. durch Anfühlen mit der Hand das Material von Statuen und Ornamenten erkennen. Diamanten kann man durch das Gefühl unter anderen Edelsteinen heraus erkennen.

Die Wärmeleitung in den Krystallen wird von deren Symmetrie beherrscht. Die isothermische Fläche — darunter eine Fläche verstanden, die um alle diejenigen Punkte beschrieben ist, in welchen zu gleicher Zeit und in gleicher Stärke eine von einem centralen Punkt ausgehende Temperaturerhöhung wahrgenommen wird — ist bei den regulären Krystallen eine Kugel, bei den hexagonalen und tetragonalen ein Rotationsellipsoid und bei den rhombischen, monoklinen und triklinen Krystallen ein dreiaxiges Ellipsoid.

Versuche, die dies erhärten, wurden von Sénarmont 1849 angestellt, welcher Krystallplatten mit einer dünnen Wachsschicht überzog und dieselben von der durchbohrten Mitte aus mittelst eines heissen Drahtes erwärmte. Das Wachs schmolz dann in Figuren, die den Schnitten der isothermischen Fläche entsprechen.

Eine Modification dieses Versuches rührt von Röntgen her, der auf die angehauchte Krystallplatte eine heisse Metallspitze setzte und den nicht verdampften Theil der Hauchschicht durch Lykopodiumpulver fixirte.

c) Ausdehnung. Die durch Wärme bedingte Ausdehnung der Mineralien schwankt wohl zwischen weiten Grenzen, ist aber für die festen Mineralien, gegenüber den flüssigen, sehr klein. Der lineare Ausdehnungscoefficient, also die relative Verlängerung für je 1° ausgedrückt in Millionteln der Länge, ist für Eis 64, Silber 20, Kupfer 17, Gold 15, Eisen 12, Platin 9. Relativ gross ist er noch für: Salmiak 63, Steinsalz 40, Sylvin 38, Chlorsilber 33. Bei einigen Mineralien findet innerhalb bestimmter Temperaturen eine Contraction statt, z. B. beim Wasser unter 4°, Diamant unter —42°.

Die Ausdehnung der Krystalle als homogene Deformation erfolgt in vollster Uebereinstimmung mit der Symmetrie. Isotrope Krystalle dehnen sich nach allen Richtungen gleich stark aus; eine aus einem regulären Krystalle geschliffene Kugel bleibt bei jeder Temperatur eine solche. — Krystalle des tetragonalen und hexagonalen Systems erleiden in einer Richtung bald eine grössere, bald eine geringere Ausdehnung als in allen übrigen Richtungen. Die Ausdehnung in diesen ist soweit gleich, als es sich um morphologisch gleichwerthige Richtungen handelt. Eine Kugel, aus derartigen Krystallen hergestellt, wird bei der Erwärmung zu einem Rotationsellipsoid, dessen Rotationsaxe bald grösser, bald kleiner als die senkrechte Axe ist. So ist beim Kalkspath die Hauptaxe die Richtung der grössten Ausdehnung. Analog der optischen Eintheilung kann man auch hier in thermisch positive und thermisch negative Krystalle unterscheiden. — Die Krystalle der übrigen 3 Systeme haben in 3 auf einander senkrecht stehenden Richtungen verschiedene Ausdehnung; eine Kugel wird bei jeder anderen Temperatur als der, bei welcher sie hergestellt wurde, zu einem dreiaxigen Ellipsoid. Mit Rücksicht auf die dabei zu Tage tretende Beziehung dieses dreiaxigen Ellipsoids zu der Orientirung der geometrischen Symmetrieebenen lassen sich hier 3 Klassen unterscheiden, die dem rhombischen, dem monoklinen und dem triklinen System entsprechen. Im Ganzen zerfallen also die Krystalle auf Grund ihrer thermischen Symmetrie in 5 Klassen.

Wie ersichtlich, werden bei den anisotropen Krystallen durch die Wärmeausdehnung auch die Winkelverhältnisse beeinflusst.

So beträgt nach Mitscherlich die Rhomboederkante des Kalkspaths, die bei 10° C. 105° 4′ misst, bei einer Erwärmung um 100° C. 104° 56′.

Bei diesen gilt also das Gesetz von der Winkelconstanz nur für eine bestimmte Temperatur; während bei den regulären Krystallen die Winkel bei allen Temperaturen unverändert bleiben.

In jedem Fall bleibt aber die Symmetrie der Krystalle erhalten, und daraus folgt, dass auch bei den anisotropen Krystallen diejenigen Winkel, die von den Symmetrieebenen eingeschlossen werden, und beim monoklinen System die rechten Winkel erhalten werden.

Dass auch Temperaturänderungen die einmal bestehenden Zonenverhältnisse und die Rationalität der Indices nicht abzuändern vermögen, ist bereits auf S. 24 erwähnt, ebenso ist früher darauf hingewiesen, dass durch Aenderung der Temperatur die Grösse der Brechungsindices und des optischen Axenwinkels, die Lage der optischen Axenebene und der Mittellinie eine Veränderung erleiden.

2. Magnetische Eigenschaften.

Die Eigenschaft der selbstständigen magnetischen Attraction (permanenter Magnetismus) kommt nur wenigen Mineralien zu; im ausgesprochenen Maasse nur dem Magneteisen (natürlicher Magnet) und auch erst im angewitterten Zustand, in Spuren manchen Vorkommnissen des gediegenen Platins und des Magnetkieses.

Dagegen wird eine ganze Reihe von Mineralien, namentlich eisenhaltige, vom Magneten angezogen, oder wirkt wenigstens auf die Magnetnadel ein (inducirter Magnetismus). Bei genügender Stärke des Magneten oder genügender Empfindlichkeit der Nadel lässt sich sogar die magnetische Induction bei allen Körpern nachweisen. Sie zerfallen aber dabei in 2 Klassen, je nachdem sie von den Polen angezogen (paramagnetisch) oder abgestossen (diamagnetisch) werden.

Die Untersuchung auf ein derartiges Verhalten wird am besten so ausgeführt, dass man das betreffende Mineral in Stäbchenform bringt und zwischen den Polen eines Hufeisenmagneten aufhängt. Die paramagnetischen Mineralien stellen sich axial, d. h. ihre Längsrichtung fällt in die Verbindungslinie der beiden Magnetpole, die diamagnetischen stellen sich äquatorial, d. h. ihre Längsrichtung steht senkrecht auf jener Verbindungslinie. — Noch einfacher ist es, das pulverisirte Mineral in einem dünnwandigen Glasröhrchen zwischen den Polen eines Magneten aufzuhängen und die Einstellung zu beobachten.

Die relative Grösse der magnetischen Induction hängt bei Krystallen von der Richtung ab. In regulären Krystallen verhalten sich alle Richtungen gleich; bei jenen des hexagonalen und tetragonalen Systems giebt es eine Richtung des grössten und senkrecht dazu des kleinsten Para-, resp. Diamagnetismus. Rhombische, monokline und trikline Krystalle besitzen 3 verschiedene Richtungen des stärksten, mittleren und schwächsten Magnetismus. Somit lassen sich auch hier wieder magnetisch isotrope und anisotrope, magnetisch einaxige und zweiaxige Krystalle etc. unterscheiden.

Von der Eigenschaft, namentlich der eisenhaltigen Mineralien, durch einen kräftigen Magneten angezogen zu werden, macht man in der Petrographie Gebrauch.

Mit Hülfe eines Elektromagneten lassen sich eisenhaltige Mineralien, Augit, Hornblende, Olivin, Granat, Magneteisen etc. von eisenfreien Mineralien, Feldspath, Leucit, Nephelin etc. trennen. Technisch ausgedehnte Anwendung macht man davon bei der Aufbereitung der Erze (magnetische Separation; Wetherell-Verfahren u. a.).

Während ein gewöhnlicher, d. h. relativ schwacher Magnetstab nur wenige Mineralien anzieht, wie ged. Eisen, Magneteisen, Magnetkies, geschieht dies im grösseren Umfang und bei allen eisenhaltigen Mineralien, sobald man diese röstet oder glüht. Darauf beruht die Erkennung eisenhaltiger Mineralien vor dem Löthrohr.

3. Elektrische Eigenschaften.

Durch viele mechanische Processe, Reiben, Pressen, Spalten, Zerdrücken, sowie durch Erwärmung werden Mineralien in den elektrischen Zustand versetzt, der, wenn die Leitungsfähigkeit wie beim Bernstein, Schwefel und Quarz gering ist, durch das Anziehen leichter Körper sichtbar gemacht werden kann.

Bei Krystallen erfolgt die Vertheilung der positiven und negativen Elektricität ganz im Sinne der Symmetrie. Ebenso ist auch die Leitungsfähigkeit in gleichen Richtungen dieselbe, in ungleichen verschieden.

Die durch Ausübung eines einseitigen Druckes oder Zuges in Krystallen erregte Elektricität heisst Piezoelektricität; sie findet sich nur an Krystallen, denen das Centrum der Symmetrie fehlt und ist am Turmalin und Quarz studirt worden. Am auffälligsten aber lassen sich die Erscheinungen des elektrischen Zustandes an den Krystallen wahrnehmen, wenn man sie wechselnden Temperaturen aussetzt. Die dadurch hervorgebrachte elektrische Erregung wird als Pyroelektricität bezeichnet.

Krystalle des regulären Systems, soweit sie holoedrisch sind, werden nicht pyroelektrisch, wohl aber die hemiedrischen Formen und die Krystalle aller übrigen Systeme. An den Enden gleichwerthiger Symmetrieaxen entsteht gleiche (entweder positive oder negative) Elektricität, seitlich dazu entgegengesetzte. Hemimorphe Formen haben dagegen an den beiden Enden der hemimorphen Axe entgegengesetzte Elektricität. Dabei ist nicht immer für ein und dasselbe Mineral die Art der Elektricität constant. An manchen Exemplaren werden dieselben Enden positiv, die an anderen negativ wurden.

Der tetragonale Vesuvian wird beim Erwärmen auf der Basis positiv, auf den Prismenflächen negativ; Gyps wird auf den Längsflächen —, auf den Querflächen +, Kalkspath gewöhnlich an den Enden der Hauptaxe +, auf den Seiten —, der hemimorphe Turmalin ist an einem Pol der Hauptaxe +, am andern —.

Ganz allgemein zeigt sich die Eigenthümlichkeit, dass diejenigen Enden eines Krystalls, die beim Erwärmen positiv werden, beim Erkalten negativ werden und umgekehrt, nachdem auf kurze Zeit unelektrischer

Zustand eingetreten war. G. Rose, der die Pyroelektricität des Turmalins studirte, nannte dasjenige Krystallende, das beim Erwärmen positiv wird, den analogen, das Ende, das negativ wird, den antilogen Pol.

Die Erscheinung der Pyroelektricität wurde zuerst durch Zufall am Turmalin entdeckt. — Die zahlreichsten Untersuchungen über dieselbe wurden von G. Rose und namentlich von Hankel angestellt. Eine ausgezeichnete Methode, die Vertheilung der Elektricität auf den Krystallflächen sichtbar zu machen, rührt von Kundt her. Der durch Erwärmen elektrisch erregte Krystall wird mit einem Gemenge von feinem Schwefel- und Mennigpulver bestäubt. Da ersteres negativ elektrisch, letzteres positiv ist, so werden die positiv elektrischen Flächen des Krystalls gelb, die negativ elektrischen roth gefärbt.

Schliesslich mag erwähnt werden, dass auch einzelne physiologische Eigenschaften der Mineralien als Merkmale zur Erkennung derselben von Bedeutung werden können.

Dahin gehört der charakteristische Geschmack einiger in Wasser löslichen Mineralien, der Geruch (z. B. thoniger, bituminöser etc. Geruch), den einige namentlich beim Anschlagen mit dem Hammer oder beim Anhauchen von sich geben. Auch der Umstand, ob ein Mineral sich fettig wie der Speckstein oder mager wie die Kreide anfasst, kann zur Erkennung dienen.

III. Abschnitt.

Chemie der Mineralien.

Literatur. RAMMELSBERG, Handb. der Mineralchemie, 2. Aufl. 1875. Nachtrag 1886. — GROTH, Tabellarische Uebersicht der Mineralien nach ihren krystallographisch-chemischen Beziehungen, 4. Aufl. Braunschweig 1898. — FOCK, Einleitung in die chemische Krystallographie. Leipzig 1888. — DÖLTER, Allgemeine chemische Mineralogie. Leipzig 1890. — ARZRUNI, Physikalische Chemie der Krystalle. Braunschweig 1893. — BRAUNS, Chemische Mineralogie. Leipzig 1896. — WÖHLER, Die Mineralanalyse. Göttingen 1862. — ROSE, Handbuch der analyt. Chemie, herausgegeben von FINKENER 1867—1871. — FRESENIUS, Anleitung zur qualitativen Analyse, 15. Aufl. 1866; Anleitung zur quantitativen Analyse, 6. Aufl. Braunschweig i1875—1884. — A. CLASSEN, Handbuch der analytischen Chemie. 5. Aufl. Braunschweig 1900. — DERSELBE, Ausgewählte Methoden der analytischen Chemie. Braunschweig 1901.

Die in diesem Abschnitt zu besprechenden chemischen Verhältnisse der Mineralien beziehen sich theils auf die allgemeine Constitution derselben, wobei die Ermittlung des Zusammenhangs zwischen Krystallgestalt und Constitution zur Hauptaufgabe wird, theils behandeln sie die von der Chemie gelieferten Merkmale zur Erkennung und Unterscheidung der Mineralien.

Capitel I.

§ 1. Allgemeine Constitution. § 2. Chemische Formeln der Mineralien. § 3. Berechnung der Formeln. § 4. Isomorphie. § 5. Isomorphe Mischungen. § 6. Heteromorphie.

§ 1. Nur eine sehr geringe Anzahl von Mineralien besteht unmittelbar aus den chemischen Elementen, wie Diamant, Schwefel, Gold, Silber, Kupfer, Platin, Arsen, Antimon, Wismuth und einige andere; die weitaus meisten sind einfache oder mehrfache Verbindungen der Elemente unter sich, und zwar sind es, was sich leicht erklärt, vorzugsweise solche Verbindungen, die im Wasser unlöslich oder doch schwer löslich sind. Die grossen Gruppen der chemischen Verbindungen, die Säuren, Basen und Salze lassen sich in gleicher Weise auch bei den Mineralien wiederfinden, nur ist zu bemerken, dass die Säuren und Basen so, wie diese Verbindungen in der heutigen Chemie definirt werden (als Wasserstoff- bezw. Hydroxylverbindungen), nur ganz spärlich vertreten sind,

während Säure- und Basisanhydride (Säuren und Basen im alten Sinne) sammt den Salzen die Constitutionsformen der grossen Mehrzahl der Mineralien darstellen.

Auf einige der hauptsächlichsten binären Verbindungen und der Verbindungen höherer Ordnung mag hier im Allgemeinen hingewiesen werden.

1. Zahlreicher als die binären Verbindungen der Elemente mit Sauerstoff (Oxyde) sind deren Verbindungen mit Schwefel und daran anschliessend die sich ganz analog verhaltenden Verbindungen der Elemente mit As, Sb, Se, Te. Dieselben werden kurz als Sulfoverbindungen bezeichnet. Je nach der Rolle derselben in den sogen. Sulfosalzen theilt man dieselben wohl noch unter Benutzung der alten, auf dualistische Anschauung gegründeten Nomenclatur in Sulfosäuren und Sulfobasen, während wir dieselben unter Beachtung der neueren Ansichten als Säuren oder Basen bildende Sulfide bezeichnen wollen.

2. Unter den Erzen erlangen die Sulfosalze eine grössere Bedeutung, deren Zusammensetzung ganz analog der der Oxysalze gedacht wird, d. h. als eine Verbindung, welche durch Ersetzung des Wasserstoffs in der hypothetischen Sulfosäure durch ein Metall hervorgegangen ist. Beispiele von Sulfosalzen bilden unter vielen anderen Kupferkies, Buntkupfererz, Fahlerz, Rothgültig.

3. Manche Mineralien bestehen aus verschiedenartigen Verbindungen, indem sich anscheinend Oxyde mit Sulfiden, Sauerstoffsalze verschiedener Art mit einander (Sulfate und Carbonate, z. B. Leadhillit), Sauerstoffsalze mit Haloidsalzen vereinigen. Dieselben werden in den meisten Fällen aus Mangel eines beweiskräftigen Kriteriums als Molekularverbindungen aufgefasst. Andere Autoren (Groth u. A.) denken sich dieselben jedoch zum grossen Theil aus einheitlichen Verbindungen hervorgegangen, deren Hydroxylgruppen durch verschiedenartige Radikale ersetzt sind. Die grössere oder geringere Beständigkeit der einzelnen Theile in Lösungsmitteln, in vielen Fällen im Wasser, das Verhalten und Zerfallen bei der Verwitterung dienen alsdann als Kriterium.

Einige hierher gehörige Beispiele sind: Rothspiessglanz $2Sb_2S_3 + Sb_2O_3$, resp. Sb_2S_2O, Phosgenit $PbCO_3 + PbCl_2$, resp. $(PbCl)_2CO_3$, Apatit $3Ca_3P_2O_8 + CaCl_2$, resp. $(PO_4)_3ClCa_5$. Bezüglich des Glaserits $Na_2SO_4 + CaSO_4$, des Kainits $MgSO_4 + KCl + 3H_2O$, des Carnallits und der Sodalithe etc. kann jedoch nur die eine Auffassung als Molekularverbindung existiren, da dieselben durch Auflösen in Wasser in die einzelnen Salze zerlegt werden.

4. Analoges gilt bezüglich des durch die Analyse festgestellten Wassergehaltes mancher Mineralien. In vielen Fällen handelt es sich, abgesehen von dem mechanisch umschlossenen oder hygroskopischen Wasser, um sogen. Krystallwasser, man hat es also mit einer Molekularverbindung zu thun, in andern ist es jedoch als Constitutions-

wasser vorhanden. Als Kriterium, wenn auch zweifelhafter Art, dient hier die Beobachtung, bei welcher Temperatur das Wasser entweicht. Im Allgemeinen nimmt man an, dass dasjenige Wasser, das unterhalb der Glühhitze entweicht, Krystallwasser sei, während dasjenige, das erst bei der Glühhitze entsteht, als hervorgegangen aus den im Mineral angenommenen Hydroxylgruppen angesehen wird. Eine scharfe Unterscheidung ist vorläufig nicht durchzuführen. In manchen Fällen kommt es auch vor, dass man den Wassergehalt eines Minerals in Folge der verschiedenartigen Temperatur, in der er flüchtig wird, theils aus Constitutions-, theils als Krystallwasser auffassen muss. So entweicht ein Theil des Wassers im Serpentin leicht bei mässigem Erhitzen, während der andere erst bei anhaltendem Glühen frei wird, Rammelsberg schreibt deshalb die Formel $H_2Mg_3Si_2O_8 + H_2O$. Ganz dasselbe gilt von vielen Silicaten, speciell von den Zeolithen. Hier ist die gegenwärtige Deutung, dass das Wasser oder ein Theil desselben als solches in dem Mineral nicht vorhanden war, sondern sich erst durch Zersetzung des Hydroxyls gebildet hat, von Wichtigkeit für die Constitution der Silicate überhaupt geworden. Es wird dann anknüpfend daran der Wasserstoff als isomorpher Vertreter der Alkalien und alkalischen Erden aufgefasst, wodurch die Formeln öfters eine Vereinfachung erfahren.

5. Eine besondere Schwierigkeit in der Deutung ihrer Constitution machen die durch ihre grosse Zahl und ihre höchst complicirte Zusammensetzung ausgezeichneten Silicate. Bei ihnen hat namentlich die Lehre von den isomorphen Mischungen (siehe § 5), z. Th. auch die Rolle des Wasserstoffs, wie sie eben sub 4 besprochen ist, manches zur Aufklärung der verwickelten Constitution beigetragen. Näheres darüber im speciellen Theil.

§ 2. Die chemischen Formeln der Mineralien sind zweierlei Art, theils sind es wirkliche Molekularformeln, die die Grösse der Molekel angeben. Das gilt jedoch nur von der überaus geringen Anzahl von Mineralien, die sich verflüchtigen lassen und so eine Dampfdichtebestimmung gestatten oder sonstwie ihr Molekulargewicht feststellen lassen. Die Formeln der weitaus überwiegenden Mehrzahl drücken jedoch nur das Verhältniss der quantitativen chemischen Zusammensetzung aus. Man kann daher bei ihnen mit gleichem Recht entweder die Atomzahlen verdoppeln oder das einfachste Verhältniss benutzen, und vielfach wird ersteres in Hinsicht auf den Isomorphismus oder auf den Dimorphismus, bezw. zum Verständniss des chemischen Aufbaus nothwendig.

Die Mineralformeln können entweder als empirische oder als rationale Formeln geschrieben werden. Die ersteren drücken nur das zweifellos festgestellte Analysenresultat aus, und sie genügen daher vollkommen den Bedürfnissen des praktischen Mineralogen; die zweite Art verbreitet

sich dagegen über die Constitution, sei es nun, dass sie für die Aufklärung des Baues von einem bestimmten Verbindungstypus (typische Formel) oder von einem Structurschema (Structurformel, graphische Formel) ausgeht. Diese Art chemischer Formeln hat stets etwas Hypothetisches an sich, aber sie entspricht dem Streben nach wissenschaftlicher Erkenntniss.

Neben diesen beiden Formeln hat sich aber in der Mineralogie vielfach noch die alte, auf der elektrochemischen Theorie von Berzelius beruhende dualistische Schreibweise erhalten. Auf der einen Seite der Formel steht der elektropositive, auf der andern Seite, bei den Salzen durch einen Punkt oder ein Komma abgetrennt, der elektronegative Bestandtheil der stets aus 2 Theilen bestehend gedachten Verbindung. Da die Nomenclatur sich noch vielfach der veralteten Anschauung anpasst, da die dualistische Formel dem Analysenresultat vollständig entspricht und da sie sich dem Gedächtniss viel leichter als jede andere Formel einprägt, so findet sie sich häufig noch angewendet und wird auch im speciellen Theil häufige Berücksichtigung erfahren.

§ 3. Berechnung der chemischen Formeln. Die Darstellung der Methode zur quantitativen Analyse eines Minerals ist allein Gegenstand der Chemie und der chemischen Handbücher (s. Literatur), dagegen ist die Verwerthung der Analysenergebnisse zur Berechnung der Mineralformeln auch in der Mineralogie in Betracht zu ziehen.

In die Mineralformeln werden nur die wesentlichen Bestandtheile aufgenommen, die zufälligen Bestandtheile, die mechanischen Beimengungen und Verunreinigungen werden ausser Acht gelassen und demgemäss die Analysen zumeist nach Abzug dieser zufälligen Bestandtheile wieder auf 100 % berechnet.

Verfahren. Man dividirt die erhaltenen Procentzahlen durch das jedesmalige Atomgewicht und erlangt dadurch das relative Verhältniss der Atome in der Verbindung. Da diese Verhältnisszahlen hierbei in Form von Bruchzahlen erhalten werden, so muss man sie zum Schluss durch Multiplication noch in ganze Zahlen umwandeln.

Die nähere Ausführung der Berechnung, für welche das auf folgender Seite aufgeführte Atomgewichtsverzeichniss nothwendig wird, mag durch einige Beispiele erläutert werden.

1. Die Analyse eines Kupferkieses vom Ramberg im Saynischen (Westfalen) ergab nach H. Rose:

Cu	Fe	S	SiO_2		
34,40	30,47	35,87	0,27	=	101,01.

SiO_2 als mechanische Beimengung bleibt unberücksichtigt; dividirt man die übrigen Zahlen durch ihre jedesmaligen Atomgewichte, so erhält man die Quotienten:

$$\frac{34,40}{63,12} = 0,5450; \quad \frac{30,47}{55,58} = 0,5482; \quad \frac{35,87}{31,83} = 1,1273.$$

Diese 3 Quotienten drücken das Verhältniss von Cu : Fe : S aus; setzt man den Quotienten Fe = 1, so wird das Verhältniss $\frac{0,5450}{0,5482} : 1 : \frac{1,1273}{0,5482}$ oder ausgerechnet 0,994 : 1 : 2,056. Dafür lässt sich aber ohne Weiteres 1 : 1 : 2 setzen. Demnach ist die Formel des Kupferkieses $CuFeS_2$, die als die Molekularverbindung $CuS + FeS$ oder als ein Kupferoxydulsalz der Säure $FeS . SH$ gedeutet werden kann.

2. Gyps von Osterode am Harz ergab nach W. Hampe das Analysenresultat:

SO_3	CaO	H_2O	$Fe_2O_3 + Al_2O_3$		
46,61	32,44	20,74	0,15	=	99,94.

Fe_2O_3 und Al_2O_3 sind Verunreinigungen. Die Quotienten aus den Procentzahlen und den Atomgewichten sind

$$\frac{46,61}{79,47} = 0,5866; \quad \frac{32,44}{55,58} = 0,5837; \quad \frac{20,74}{17,88} = 1,1599.$$

Dafür lässt sich, wie man sofort sieht, das Verhältniss schreiben 1 : 1 : 2, d. h. die Formel des Gypses ist $SO_3 . CaO + 2H_2O$ oder $CaSO_4 + 2H_2O$.

3. Ein Adular vom St. Gotthard hatte nach Berthier die Zusammensetzung

SiO_2	Al_2O_3	K_2O		
64,2	18,4	16,9	=	99,5.

Die 3 Quotienten aus den Procentzahlen und den Atomgewichten sind

$$\frac{64,2}{59,96} = 1,0707; \quad \frac{18,4}{101,44} = 0,1814; \quad \frac{16,9}{93,60} = 0,1806;$$

dieselben verhalten sich ziemlich genau wie 6 : 1 : 1, folglich ist die Formel des Adulars $6SiO_2 . Al_2O_3 . K_2O$, welche auch, da nichts über die Molekulargrösse bekannt ist, als $KAlSi_3O_8$ geschrieben werden kann.

4. Ein Beispiel zur Berechnung der Formel von isomorphen Mischungen findet sich S. 220 aufgeführt.

Die Atomgewichte der Elemente.

Name der Elemente und chemischen Zeichen	Für O = 16,00 (internationale Atomgewichte [1])	Für H = 1,00 (didactische Atomgewichte)
Aluminium Al	27,1	26,9
Antimon Sb	120	119,1
Argon A	39,9	39,6
Arsen As	75,0	74,4
Baryum Ba	137,4	136,4
Beryllium Be	9,1	9,03
Blei Pb	206,9	205,35
Bor B	11	10,9
Brom Br	79,96	79,36
Cadmium Cd	112,4	111,6
Cäsium Cs	133	132
Calcium Ca	40	39,7
Cer Ce	140	139
Chlor Cl	35,45	35,18
Chrom Cr	52,1	51,7
Eisen Fe	56,0	55,6
Erbium Er	166	164,8
Fluor F	19	18,9
Gadolinium Gd	156	155

[1]) Aufgestellt von der Atomgewichtscommission der Deutsch. Chem. Ges. für 1901.

Name der Elemente und chemischen Zeichen	Für O = 16,00 (internationale Atomgewichte)	Für H = 1,00 (didactische Atomgewichte)
Gallium Ga	70	69,5
Germanium Ge	72	71,5
Gold Au	197,2	195,7
Helium He	4	4
Indium In	114	113,1
Iridium Ir	193,0	191,5
Jod J	126,85	125,90
Kalium K	39,15	38,86
Kobalt Co	59,0	58,56
Kohlenstoff C	12,00	11,91
Krypton Kr	81,8	81,2
Kupfer Cu	63,6	63,1
Lanthan La	138	137
Lithium Li	7,03	6,98
Magnesium Mg	24,36	24,18
Mangan Mn	55,0	54,6
Molybdän Mo	96,0	95,3
Natrium Na	23,05	22,88
Neodym Nd	143,6	142,5
Neon Ne	20	19,9
Nickel Ni	58,7	58,3
Niob Nb	94	93,3
Osmium Os	191	189,6
Palladium Pd	106	105,2
Phosphor P	31,0	30,77
Platin Pt	194,8	193,3
Praseodym Pr	140,5	139,4
Quecksilber Hg	200,3	198,8
Rhodium Rh	103,0	102,2
Rubidium Rb	85,4	84,76
Ruthenium Ru	101,7	100,9
Samarium Sa	150	148,9
Sauerstoff O	16,00	15,88
Scandium Sc	44,1	43,8
Schwefel S	32,06	31,83
Selen Se	79,1	78,5
Silber Ag	107,93	107,12
Silicium Si	28,4	28,2
Stickstoff N	14,04	13,93
Strontium Sr	87,6	86,94
Tantal Ta	183	181,6
Tellur Te	127	126
Thallium Tl	204,1	202,6
Thorium Th	232,5	230,8
Thulium Tu	171	170
Titan Ti	48,1	47,7
Uran U	239,5	237,7
Vanadin V	51,2	50,8
Wasserstoff H	1,01	1,00
Wismuth Bi	208,5	206,9
Wolfram W	184	182,6
Xenon X	128	127
Ytterbium Yb	173	172
Yttrium Y	89	88,3
Zink Zn	65,4	64,9
Zinn Sn	118,5	117,6
Zirconium Zr	90,7	90,0

§ 4. Eine besondere Bedeutung für die Mineralogie haben die Erscheinungen der Isomorphie und Polymorphie, weil sich in denselben gewisse Beziehungen zwischen Krystallgestalt und chemischer Zusammensetzung offenbaren. Die hier zu besprechenden Erscheinungen werden daher wohl als chemische Krystallographie bezeichnet.

Mineralien heissen isomorph, wenn sie mit analoger Krystallform analoge chemische Constitution verbinden und zugleich die Beobachtung lehrt, dass ihre Substanzen in jedem beliebigen Mischungsverhältniss homogene Krystalle bilden.

Der Begriff des Isomorphismus wurde von MITSCHERLICH 1819 bei Untersuchung der isomorphen phosphor- und arsensauren Salze aufgestellt und 1821 von ihm der Name gegeben, nachdem schon 1815 FUCHS darauf aufmerksam gemacht hatte, dass gewisse Stoffe andere vertreten könnten. Eine völlige Einigung über die Definition von Isomorphie und die Kriterien zu ihrer Erkennung steht jedoch auch heute noch aus.

Die analoge Krystallform besteht darin, dass die betreffenden Mineralien in correspondirenden Winkeln sehr nahe Uebereinstimmung zeigen, häufig auch dieselbe Formentwicklung erkennen lassen; ferner, dass auch in sonstigen Verhältnissen, wie die Art der Zwillingsbildung, die Spaltbarkeit, das optische Verhalten, verwandte Beziehungen existiren.

Nur im regulären System stimmen die Winkel völlig überein. Hier ist der Isomorphismus ein Isogonismus, hier versteht es sich aber auch, dass anderweitige physikalische Analogien hinzutreten müssen. In allen anderen Systemen sind die Winkel isomorpher Krystalle nur angenähert gleich, daher eigentlich nur von einem Homöomorphismus die Rede sein dürfte (vergl. die Tabelle S. 221). In einzelnen Fällen finden jedoch in den Winkeln beträchtliche Abweichungen statt, so bei den Mineralien der Goethitgruppe (s. Tabelle); in anderen Fällen muss nach der gewöhnlichen Auffassung die analoge Krystallform auch da noch zugestanden werden, wo die einzelnen isomorphen Krystalle nur noch verwandten, aber nicht mehr derselben Symmetrieklasse angehören. So gilt durchweg der rhomboedrisch-hemiedrische Calcit als isomorph mit dem rhomboedrisch-tetartoedrischen Dolomit, der rhomboedrische Eisenglanz als isomorph mit dem trapezoedrisch-tetardoedrischen Titaneisen.

Analoge chemische Constitution im engeren Sinn ist vorhanden, wenn in dem einen Mineral die Stelle eines oder mehrerer Elemente bei dem anderen durch die gleiche Anzahl gleichwerthiger und chemisch verwandter Elemente vertreten wird.

So sind z. B. $MgCO_3$ und $CaCO_3$ chemisch analog constituirt, ebenso $Ca_5P_3O_{12}F$ (Fluorapatit) und $Pb_5As_3O_{12}Cl$ (Mimetesit).

Die einander vertretenden Elemente in isomorphen Mineralien heissen isomorphe Elemente.

Das nachstehende Verzeichniss giebt eine Uebersicht über die isomorphen Elemente:

I. Cl, Br, J, F; Mn[1]) (in den Permanganaten).
II. S, Se; Te (in den Telluriden); Cr, Mn, Te in den Säuren H_2RO_4; As, Sb in den sogen. Sulfoverbindungen.
III. As, Sb, Bi; Te (als Element); P, Vd (in Salzen).
IV. K, Na, Cs, Rb, Li; Tl, Ag.
V. Cu, Ba, Sr, Pb; Fe, Zn, Mn, Mg; Ni, Co, Cu; Ce, La, Di, Er, Y mit Ca; Cu, Hg mit Pb; Cd, Be, In mit Zn; Tl mit Pb.
VI. Al, Fe, Mn, Cr; Ce, U in den Sesquioxyden.
VII. Cu, Ag in den Oxydulverbindungen; Au.
VIII. Pt, Ir, Pd, Rh, Ru, Os; Au, Fe, Ni, Sn, Te.
IX. C, Li, Ti, Zr, Th, Sn; Fe, Ti.
X. Ta, Nb.
XI. Mo, W, Cr.

Chemische Analogie im weiteren Sinn. Während man bei dem Vorhandensein einer wie oben definirten chemischen Analogie zweier Mineralien stets Isomorphie voraussetzen und deren Fehlen auf Polymorphie (s. § 6) zurückführen darf, erkennt man jedoch auch ausserdem noch viele solcher Fälle als Isomorphie an, wo die chemische Analogie nur noch in der gleichen Anzahl von Valenzen, nicht mehr in der gleichen Anzahl von Atomen besteht.

So gelten PbS und Ag_2S meist als isomorph; in den Silicaten können für zweiwerthige Radikale wie Ca, Mg etc. 2 einwerthige wie K, Na, H eintreten.

In diese Kategorie, d. h. unter Wahrung der Valenzen dürften auch die wenigen Fälle zugestandener Isomorphie zu rechnen sein, wo grössere Atomgruppen an die Stelle eines Radikals treten. Am auffälligsten ist dies an den völlig isomorphen Kalium- und Ammoniumsalzen, in denen die Gruppe NH_4 an Stelle von K tritt.

Merkwürdig ist es, dass es auch einige seltene Fälle anscheinend echter Isomorphie giebt, wo die analoge chemische Constitution nur in der gleichen Anzahl von Atomen besteht.

So sind $CaCO_3$ (Calcit) und $NaNO_3$ (Natronsalpeter), ferner $CaCO_3$ (Aragonit) und KNO_3 (Kalisalpeter), $NaAlSiSi_2O_8$ (Albit) und $CaAlAlSi_2O_8$ (Anorthit) völlig isomorph, wie das durch die Bildung homogener Mischkrystalle bewiesen wird.

Analoge Krystallform bedingt dagegen nicht immer Aehnlichkeit der chemischen Constitution und damit Isomorphie. Es giebt eine ganze Reihe von Beispielen, wo bei durchaus analoger Formentwicklung keine Beziehung der chemischen Formel hervortritt. So zeigen Rothgültigerz und Kalkspath, Chrysoberyll und Diaspor, Augit und Tinkal, Anatas und Chlorquecksilber in ihrer Winkel- und ihrer Formentwicklung grosse Aehnlichkeit.

---

[1]) Bei den durch Semikolon getrennten Elementen findet nur theilweise Isomorphie statt.

Besonderen Werth erlangt die Isomorphie, abgesehen davon, dass sie zur Erschliessung der chemischen Formel einer Substanz dienen kann, für die Feststellung der verwandtschaftlichen Verhältnisse der Mineralien, also für die Systematik. Alle isomorphen Mineralien werden in eine isomorphe Gruppe oder Reihe zusammengefasst.

Nachstehend sind die hauptsächlichsten isomorphen Gruppen aufgeführt, einzelne Gruppen unter Beifügung der charakteristischen Winkel.

Reguläres System, Pyritgruppe (Pyrit, Glanzkobalt, Speiskobalt, Chloanthit). Spinellgruppe (Spinell, Chromit, Magnetit).

Hexagonales System. Arsengruppe (Arsen, Antimon, Wismuth, Tellur), Rothgültiggruppe (Proustit, Pyrargyrit). Calcitgruppe (rhomboedrisch, z. Th. rhomboedr.-tetartoedrisch. Calcit 105° 5'; Dolomit 106° 15', Manganspath 106° 51', Eisenspath 106°, Magnesit 107° 20', Zinkspath 107° 40'). Korundgruppe (rhomboedrisch-hemiedrisch, z. Th. trapezoedr.-tetartoedrisch. Korund, Eisenglanz, Ilmenit). Willemitgruppe (rhomboedrisch-tetartoedrisch. Willemit, Phenakit, Troostit). Apatitgruppe (pyramidal-hemiedrisch. Apatit, Pyromorphit, Mimetesit, Vanadinit).

Tetragonales System. Rutilgruppe (Rutil, Zinnstein, Zirkon). Scheelitgruppe (Scheelit, Scheelbleierz, Wulfenit).

Rhombisches System. Antimonitgruppe (Antimonit, Wismuthglanz, Selenwismuth). Markasitgruppe (Markasit, Arsenkies, Löllingit). Zinckenitgruppe (Zinckenit, Wolfsbergit, Emplektit, Skleroklas). Goethitgruppe (Goethit 94° 52' und 117° 30', Manganit 99° 40' und 122° 50', Diaspor). Aragonitgruppe (Aragonit 116° 10', Strontianit 117° 19', Cerussit 117° 14', Witherit 117° 48'). Barytgruppe (Baryt, Cölestin, Anglesit). Olivingruppe (Forsterit, Fayalit). Bronzitgruppe (Enstatit, Bronzit, Hypersthen).

Monoklines System. Augitgruppe, Hornblendegruppe.

Triklines System. Plagioklasgruppe.

§ 5. Isomorphe Mischungen. Das charakteristischste und nothwendige Kennzeichen einer zwischen zwei Substanzen vorhandenen Isomorphie bildet die Fähigkeit derselben, in variablen Verhältnissen sich zu mischen und dabei homogene Krystalle zu bilden. Wenn auch in den meisten Fällen nur einzelne Mischungsverhältnisse bekannt sind, so muss man doch annehmen, dass alle möglichen Mischungsverhältnisse zwischen den einmal als isomorph erkannten Substanzen vorkommen können.

Setzt man zu einer Lösung von Zinksulfat eine solche von Magnesiumsulfat, so schiessen Krystalle an, die je nach dem Mischungsverhältniss beliebige Quantitäten Zn oder Mg enthalten. — Ein Alaunkrystall wächst in einer Lösung von Chromalaun weiter.

Viele Mineralien stellen überhaupt keine einfachen Verbindungen dar, sondern sind isomorphe Mischungen, wie die Fahlerze, viele Glieder der Kalkspath-, Spinell-, Augit-, Hornblende-, Plagioklasgruppe etc. Vielfach ist die Grundverbindung überhaupt nicht bekannt, wie beispielsweise das Glied $FeSiO_3$ der Bronzitreihe.

Dadurch, dass eine grosse Zahl Mineralien eine variable Mischung von zwei oder mehr isomorphen Substanzen darstellen, also wechselnde procentuale Zusammensetzung haben, erfährt die in der Einleitung gegebene Definition eines Minerals als constante chemische Verbindung eine gewisse Einschränkung.

Diejenigen Elemente, die sich in isomorphen Mischungen vertreten, heissen vicariirende Elemente oder Bestandtheile; es sind dieselben, welche als isomorphe Elemente auf S. 220 aufgezählt worden sind.

Das quantitative Verhältniss, in dem in einer isomorphen Mischung die vicariirenden Elemente zu einander stehen, kann in manchen Fällen durch einfache ganze Zahlen ausgedrückt werden; es braucht aber ein solches einfaches Verhältniss nicht zu bestehen und hat auch in sehr vielen Fällen nicht statt.

In der chemischen Formel der isomorphen Mischungen werden die einzelnen vicariirenden Elemente in eine Klammer zusammengefasst unter Fortlassung des variablen Mischungsverhältnisses, wohl aber werden oft diejenigen Elemente, deren Menge vorwiegt, stärker als die übrigen geschrieben oder gedruckt. So bedeutet die Formel $(\mathbf{Ca}, Mg, Fe) CO_3$ die isomorphe Mischung von $x CaCO_3 + y MgCO_3 + z FeCO_3$, wo x, y und z alle möglichen Zahlen ausdrücken können, x aber beträchtlich grösser ist als y und z.

— Bei der Berechnung der Formel isomorpher Mischungen werden die aus den Analysenzahlen und den Atomgewichten erhaltenen Quotienten aller isomorph sich vertretenden Elemente resp. Verbindungen addirt, die dadurch reducirte Anzahl von Quotienten im Uebrigen aber, wie an den Beispielen auf S. 214 u. 215 erläutert, weiter behandelt. Nachstehende Berechnung einer von Ludwig am Epidot vom Sulzbachthal ausgeführten Analyse mag als Beispiel dienen. Die Analyse ergab:

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	CaO	H_2O		
37,83	22,63	15,02	0,93	23,27	2,05	=	101,73.

Die Quotienten dieser Zahlen dividirt durch ihre Atomgewichte sind der Reihe nach

$$(1)\ \frac{37,83}{59,96} = 0,631;\quad (2)\ \frac{22,63}{101,44} = 0,223;\quad (3)\ \frac{15.02}{158,84} = 0,095;$$

$$(4)\ \frac{0,93}{71,48} = 0,013;\quad (5)\ \frac{23.27}{55,58} = 0,419;\quad (6)\ \frac{2,05}{17,88} = 0,115.$$

Die Verbindungen Al_2O_3 und Fe_2O_3 einerseits, FeO und CaO andererseits sind aber vicariirende, es müssen demnach die Quotienten (2) und (3) und ebenso (4) und (5) addirt werden. Dadurch erhalten wir nun die Quotienten SiO_2 0.631; $(AlFe)_2O_3$ 0,318; $(FeCa)O$ 0,431; H_2O 0,115, aus welchen sich in üblicher Weise das Verhältniss der 4 Quotienten herleitet: $SiO_2 : (AlFe)_2O_3 : (FeCa)O : H_2O = 6 : 3 : 4 : 1$. Demnach ist die Formel des Epidots $6 SiO_2 . 3 (AlFe)_2O_3 . 4 (FeCa)O . H_2O$ oder $Si_6(AlFe)_6(FeCa)_4H_2O_{26}$.

Will man ganz allgemein ausdrücken, dass irgend ein Element in einem Mineral durch ein oder mehrere andere Elemente isomorph vertreten werden kann, also zur Aufstellung einer allgemeinen Formel, so bedient man sich statt der speciellen chemischen Symbole der Buchstaben *R* oder *Me*, häufig noch mit angehängten Werthigkeitsindices,

also R^I oder R^{II}. Ein Beispiel liefert der Epidot, dessen allgemeine Formel $Si_6R_6{}^{VI}R_4{}^{II}H_2O_{26}$ sein würde. —

Die Erkenntniss der isomorphen Mischungen hat viel zum Verständniss der chemischen Zusammensetzung der Mineralien beigetragen; denn auf Grund derselben wird es begreiflich, dass Mineralien unter unwesentlicher Aenderung der Form und der physikalischen Eigenschaften wesentliche Schwankungen in ihrer qualitativen und quantitativen chemischen Zusammensetzung aufweisen. Namentlich ist durch sie die chemische Zusammensetzung der Silicate in ein neues Licht gerückt worden, nachdem zuerst die widersprechenden Plagioklasanalysen von Tschermak als eine Folge des wechselnden Mischungsverhältnisses zwischen Albit- und Anorthitsubstanz erkannt worden waren (vergl. den speciellen Theil unter Plagioklas). Ferner wird es aber auch begreiflich, dass noch nicht eine jede Aenderung der chemischen Zusammensetzung innerhalb der durch die isomorphen Mischungen gesteckten Grenzen die Unterscheidung selbstständiger Mineralspecies zu begründen vermag. Wenn also beispielsweise unter den Plagioklasen neben dem Albit und Anorthit noch Oligoklas, Andesin und Labrador als besondere Mineralien herausgehoben werden, so kommt diesen nicht derselbe Grad specifischer Selbstständigkeit zu wie den Endgliedern Albit und Anorthit.

Isomorphe Mischungen zeigen sowohl in morphologischer wie physikalischer Beziehung innerhalb gewisser Grenzen Abweichungen von den entsprechenden Eigenschaften der Grundverbindungen.

In morphologischer Hinsicht lassen die bisherigen Erfahrungen noch kein bestimmtes Gesetz der Aenderung erkennen. Zwar besitzt der aus der isomorphen Mischung von Kalkspath $CaCO_3$ (Rhomboederwinkel 105° 5′) und Magnesit $MgCO_3$ (Rhomboederwinkel 107° 30′) hervorgegangene Dolomit $CaCO_3 + MgCO_3$ einen Rhomboederwinkel von 106° 18′ der dem arithmetischen Mittel seiner Grundverbindungen entspricht, und Analoges gilt von den verschiedenen Plagioklasen; aber in anderen zahlreicheren Fällen stehen die resultirenden Winkel in keiner Abhängigkeit von dem Mischungsverhältniss der Componenten, ja sie liegen zuweilen, wie bei den Mischungen des Kaliumpermanganats und Kaliumperchlorats, sogar ausserhalb der durch die einfachen Verbindungen gegebenen Winkelgrenzen.

In physikalischer Hinsicht wird durch die isomorphe Substitution einzelner Bestandtheile mancherlei Aenderung hervorgebracht. So wird namentlich an den Silicaten die Veränderung im specifischen Gewicht, in der Farbe, Schmelzbarkeit etc. auffällig, die bei der gegenseitigen Ersetzung der Alkalien, alkalischen Erden, Metalloxyde (wesentlich des Eisens) und Wasser eintritt. — Auch die Bruchbeschaffenheit ist nicht constant. Während der Spinell und dessen isomorphe Mischung mit

Eisen (Ceylanit) durch muschligen Bruch ausgezeichnet sind, zeigt der Gahnit, in den Zink aufgenommen ist, deutlichen Blätterbruch. Gleiches gilt vom Nickelglanz und Chloanthit.

Am wichtigsten wird die Abhängigkeit der optischen Eigenschaften von dem Mischungsverhältniss. Die Bronzitgruppe besteht aus der isomorphen Mischung der beiden Silicate $MgSiO_3$ und $FeSiO_3$. Die einzelnen Zwischenglieder sind nun nach Tschermak dadurch ausgezeichnet, dass mit der Zunahme des Eisens sich der positive Axenwinkel vergrössert. — Noch bemerkenswerther und von praktischer Bedeutung wird die von Schuster nachgewiesene gesetzmässige Aenderung der optischen Verhältnisse bei den Plagioklasen, wo es gelingt, aus dem regelmässig sich ändernden Auslöschungswinkel auf den Spaltflächen einen Schluss auf das Mischungsverhältniss zu ziehen. Bei den Plagioklasen ist auch die Grösse des Axenwinkels und die Dispersion genau abhängig von der isomorphen Mischung. —

In anderen Fällen ist dagegen eine regelmässige Aenderung nicht immer zu constatiren; so liegen häufig die Brechungsindices nicht zwischen, sondern ausserhalb der durch die Grundverbindungen gegebenen Grenzen; auch die Lage der Axenebene wechselt unregelmässig.

Analog der die isomorphe Vertretung begleitenden Formänderung kann auch eine solche Formänderung eintreten durch die Substitution des typischen Wasserstoffs von Verbindungen durch Atome und Atomgruppen (Radicale). Substanzen, die die gleiche Typenformel besitzen und sich nur durch die wechselnde Substitution ihres typischen Wasserstoffs unterscheiden, zeigen in dem Axenverhältniss ihrer Krystalle vielfach noch eine gewisse Uebereinstimmung z. B. derart, dass sich nur die eine Axenlänge ändert, während das Verhältniss der beiden andern erhalten bleibt. Von Groth wird diese Erscheinung als Morphotropie bezeichnet.

Auch hier machen sich in mehr oder weniger gesetzmässiger Weise Abweichungen von der Form und den physikalischen Eigenschaften der Grundverbindung bemerkbar.

Die Ursachen der Isomorphie und der isomorphen Mischungen müssen in dem analogen Bau des Krystallmoleküls (Krystallelements) gesucht werden.

§ 6. Polymorphie oder Heteromorphie. Gewissermaassen den Gegensatz zur Isomorphie bildet die Polymorphie. Man versteht darunter die Eigenschaft mancher mineralischen und anderen Substanzen, trotz gleicher procentischer Zusammensetzung in verschiedenen nicht von einander abhängigen Formen zu krystallisiren. Selbstverständlich sind mit der verschiedenen Form auch verschiedene physikalische Eigenschaften, namentlich verschiedenes specifisches Gewicht, verbunden, und

so entspricht die Polymorphie der in der Chemie gebräuchlichen Bezeichnung Isomerie [1]) und andererseits, soweit es sich um eine Polymorphie der chemischen Elemente handelt, der Allotropie. Tritt die heteromorphe Substanz nur in 2 Formen auf, so nennt man dieselbe dimorph und die Eigenschaft Dimorphie; analog sind die Ausdrücke trimorph, Trimorphie etc. zu verstehen.

Die gewöhnlichsten Beispiele der Polymorphie liefern die nachstehenden Stoffe: Kohlenstoff, tetramorph, als Diamant regulär, als Graphit und Graphitit monoklin, als Schungit amorph. — Schwefel, wahrscheinlich hexamorph; der als Mineral auftretende Schwefel ist rhombisch, aus dem Schmelzfluss erstarrt ist er monoklin; ZnS als Zinkblende regulär, als Wurtzit hexagonal; FeS_2 als Pyrit regulär (spec. Gewicht 5,1), als Markasit rhombisch (spec. Gewicht 4,86); SiO_2 als Quarz hexagonal, als Tridymit rhombisch, als Christobalit regulär; TiO_2 trimorph, als Rutir tetragonal, als Anatas ebenfalls tetragonal, aber mit anderem Axenverhältniss, als Brookit rhombisch; $CaCO_3$ als Kalkspath rhomboedrisch, als Aragonit rhombisch; Al_2SiO_5 als Andalusit rhombisch, als Cyanit triklin; $K_2Al_2Si_6O_{16}$ als Orthoklas monoklin, als Mikroklin triklin etc. Fernere Beispiele sind Leucit, dann Boracit etc.

Häufig lässt sich beobachten, dass die heteromorphen Modificationen einer Substanz in gewissen Zonen eine sehr grosse Winkelähnlichkeit besitzen, zuweilen überhaupt nur ganz geringe Winkeldifferenzen aufweisen. Letzteres gilt in sehr auffälliger Weise vom Orthoklas und Mikroklin. Analoges kommt auch für die eigenthümliche Dimorphie des Leucits, des Boracits etc. (vergl. S. 198) in Betracht.

Von besonderem Interesse ist noch die Erscheinung der Isodimorphie. In manchen Fällen zeigt sich nämlich, dass eine ganze isomorphe Reihe, wenn nicht in allen, so doch in einzelnen Gliedern dimorph ist.

Eines der ausgezeichnetsten Beispiele liefert die isodimorphe Reihe Pyrit-Markasit. Die Reihe ist aufgebaut nach der Formel RQ_2, wo R als allgemeines Zeichen für Fe, Ni, Co —, Q für S, As, Sb gesetzt ist, und krystallisirt sowohl regulär wie rhombisch. Nachstehend sind einige Glieder dieser dimorphen Reihe aufgeführt.

	Regulär.	Rhombisch.
FeS_2	Pyrit,	Markasit,
(Co, Fe) AsS	Kobaltglanz,	Danait,
(Co, Ni, Fe) As_2	Speiskobalt,	Safflorit,
(Ni, Co, Fe) As_2	Chloanthit,	Weissnickelkies.

Die Substanz $CaCO_3$ ist ebenfalls dimorph. An den rhomboedrischen Kalkspath schliessen sich als isomorph an Magnesit $MgCO_3$, Eisenspath $FeCO_3$ etc., an den rhombischen Aragonit Witherit $BaCO_3$, Strontianit $SrCO_3$, Cerussit $PbCO_3$ etc. Wenn nun auch $BaCO_3$ und $PbCO_3$ noch nicht rhomboedrisch, $MgCO_3$ und $FeCO_3$ noch nicht rhombisch beobachtet worden sind, so darf man wohl aus dem Umstande, dass sie wechselseitig in isomorpher Beimengung sich in rhombischen wie in den rhomboedrischen Carbonaten finden, den Schluss ziehen, dass auch sie dimorph sind und gelegentlich einmal als reine Verbindung aufgefunden werden könnten. Ja der

[1]) Siehe letzten Absatz auf S. 224.

Umstand, dass das Mineral $BaCO_3 + CaCO_3$, der Barytocalcit, monoklin krystallisirt, berechtigt zu der Folgerung, dass die ganze Reihe trimorph ist.

Die Dimorphie wurde von MITSCHERLICH 1823 zuerst am Schwefel, der als Mineral und aus Schwefelkohlenstofflösung rhombisch, aus dem Schmelzfluss monoklin krystallisirt, klar erkannt. Wie hier, so hängt es auch anderswo von gewissen äusseren Verhältnissen ab, ob eine Substanz in Formen des einen oder anderen Krystallsystems sich ausscheidet. So scheidet sich $CaCO_3$ aus kohlensäurehaltiger Lösung in der Wärme durchweg als Aragonit, in der Kälte als Calcit ab.

Vielfach lässt sich die Ueberführung zweier dimorpher Substanzen in einander durch blosse Erwärmung bewirken. Gelingt diese Ueberführung an beiden, ist also durch Erwärmen eine wechselseitige Umwandlung möglich, so heisst die Substanz enantiotrop. Beispiele: Leucit und Boracit. Lässt sich dagegen durch Erwärmung nur die eine Substanz in die andere umwandeln, nicht aber umgekehrt, so heisst dieselbe monotrop. So geht durch Erhitzen Aragonit in Kalkspath, Diamant in Graphit über, nicht aber umgekehrt.

Ursprünglich suchte man, namentlich war es HAUY, die Ursache der Dimorphie in der Beimischung einer anderen, Form verleihenden Substanz; beispielsweise glaubte man, dass die geringe Menge Strontian, die sich nach STROMEYER's Analysen im Aragonit fand, der Grund der rhombischen Ausbildung des Kalkcarbonats sei. — Theoretisch lässt sich die Polymorphie einer Substanz in ganz derselben Weise verstehen, wie die Chemie die Isomerie erklärt; es liegt entweder eine verschiedene Molekulargrösse der heteromorphen Stoffe zu Grunde (Polymerie) oder die Heteromorphie ist die Folge verschiedenartiger Anordnung der Atome in der Molekel (Metamerie) oder was noch wahrscheinlicher, der verschiedenen symmetrischen Gruppirung der chemischen Molekel in der Krystallmolekel.

Capitel II.

Die chemischen Kennzeichen der Mineralien.

§ 1. Allgemeines, Löslichkeit, Schmelzbarkeit. § 2. Das Löthrohrverfahren. § 3. Das mikrochemische Verfahren.

§ 1. Von allen zum Erkennen von Mineralien geeigneten Merkmalen besitzen die chemischen den grössten Grad der Sicherheit und haben dadurch einen besonderen Werth, dass sie für sich allein schon, ohne dass irgend welche anderen Merkmale in Anspruch genommen werden müssten, die Natur eines Minerals feststellen lassen. Nur da, wo eine Substanz heteromorph ist, müssen noch andere Merkmale hinzutreten.

Zu den chemischen Kennzeichen eines Minerals werden sein Verhalten zu den Reagentien, vor dem Löthrohr, die Flammenfärbung, Schmelzbarkeit, die Löslichkeitsverhältnisse u. s. w. gerechnet.

Zur unzweideutigen Feststellung der Natur eines Minerals genügt in den allermeisten Fällen die Untersuchung seines Verhaltens zu den Reagentien, d. h. wenn dieses Verhalten systematisch geprüft wird, die qualitative Analyse. Statt auf diesem umständlichen sogen. nassen Weg

lässt sich derselbe Zweck auch durch die Löthrohruntersuchung erreichen, und diese im Verein mit dem in jüngster Zeit ausgebildeten mikrochemischen Verfahren verdient vor allen anderen den Namen specifisch mineralogischer Untersuchungsmethoden, da sie Schnelligkeit der Ausführung und Sicherheit des Resultats mit geringem Bedarf an Untersuchungsmaterial, Reagentien und Utensilien verbindet.

Bevor wir auf beide Methoden näher eingehen, mag hier einiges auf die Löslichkeit und Schmelzbarkeit der Mineralien Bezügliches vorausgeschickt werden.

Verhalten der Mineralien gegen Lösungsmittel. — Die Mineralien sind im reinen Wasser in verschiedenem Grade löslich, einige leicht, andere schwierig, noch andere, und zwar weitaus die meisten, erscheinen unter den Verhältnissen, die wir darzubieten vermögen, ganz unlöslich. Doch werden wir auch in letzterem Fall durch die Beobachtung des natürlichen Vorkommens, die Art der Entstehung belehrt, dass absolut unlösliche Mineralien gar nicht oder nur in sehr begrenztem Umfange vorkommen.

Zu den in Wasser sehr leicht löslichen Mineralien gehören Steinsalz, Sylvin, Soda, Carnallit, Alaun, die Vitriole und einige andere Salze. Gyps ist schon schwieriger löslich (1 : 500), noch schwieriger die meisten der salinischen Mineralien (Baryt 1 : 5000000). Am unlöslichsten, resp. für unsere Verhältnisse vollständig unlöslich erscheinen die gediegenen Metalle, ferner Schwefel, Diamant, die meisten der oxydischen und sulfidischen Erze, die wasserfreien Silicate, der Quarz etc.

Die Löslichkeit im Wasser wird vermehrt durch Pulvern der Substanz, durch Erhöhung der Temperatur (doch giebt es hier auch Ausnahmen, z. B. Gyps), durch Anwendung von Druck und durch Hinzutreten von Kohlensäure. Namentlich bei Gegenwart der letzteren, welche zugleich chemisch eingreift, werden wesentliche Mengen sonst unlöslicher Mineralien aufgelöst und selbst Silicate zersetzt; allerdings ist dann die Auflösung zumeist von einer chemischen Veränderung begleitet: man nimmt selbst von den Carbonaten, die in grösster Menge aufgelöst und als solche auch wieder ausgeschieden werden, an, dass sie als Bicarbonate in Lösung gingen. Kohlensäurehaltiges Wasser ist daher das wichtigste natürliche Lösungsmittel der Mineralien und ist für die Entstehung sehr vieler derselben von besonderer Bedeutung (vergl. Abschnitt V).

Als sonstige Lösungsmittel, die aber durchweg eine chemische Zersetzung und Umwandlung im Gefolge haben, sind die Mineralsäuren, wie Schwefelsäure, Flusssäure, Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser zu erwähnen. Dabei wird je nach den Umständen Schwefel, antimonige Säure, Kieselsäure, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff abgeschieden, während sämmtliche Basen in Lösung gehen. Man hat es daher eher mit Aufschliessungs- als mit Lösungsmitteln zu thun. Vielfach erfolgt die

Auflösung erst beim Erwärmen, oder bei manchen Silicaten (Granat, Vesuvian, Epidot, Axinit) nach voraufgegangenem Glühen oder Schmelzen. Durch eine solche Procedur wird nämlich das Silicat in einen physikalisch differenten, daher leichter löslichen Zustand übergeführt.

Andere Lösungsmittel oder besser Aufschliessungsmittel liefern die kaustischen Alkalien, Kaliumbisulfat u. a. Auch Schwefelalkalien können bei einigen Sulfiden als Lösungsmittel mit Erfolg angewendet werden.

Schmelzbarkeit. — Die Temperatur, bei der Mineralien zum Schmelzen kommen, ist sehr verschieden und bei den wenigsten specieller festgestellt. Dabei macht es einen Unterschied, ob das Mineral in grösseren Stücken oder nur in kleinen Splittern geschmolzen wird. Soweit die Schmelzbarkeit nur als Erkennungsmittel und zum Vergleich dienen soll, genügt die Untersuchung relativer Schmelzungsverhältnisse.

v. Kobell hat eine Schmelzbarkeitsskala vorgeschlagen, die in der Reihenfolge vom leichtest zum schwerst schmelzbaren Mineral lautet:

1. Antimonglanz (schmilzt schon an der blossen Lichtflamme), 2. Natrolith (schmilzt nur in feinen Nadeln an der Lichtflamme), 3. Almandin (schmilzt nicht mehr an der Lichtflamme, wohl aber recht gut vor dem Löthrohr), 4. Strahlstein (schmilzt vor dem Löthrohr und in dünnen Splittern noch ziemlich gut), 5. Orthoklas (schmilzt unter gleichen Umständen schon schwer), 6. Bronzit (rundet sich nur in den schärfsten Kanten vor dem Löthrohr noch etwas ab).

Zur Prüfung hält man das zu untersuchende Mineralfragment mittelst Platinzange in die Spitze des blauen Lichtkegels eines Bunsen-Brenners oder einer Kerze, bezw. richtet man das Löthrohr darauf. Bei Mineralien, die Platin angreifen, benutzt man ein Kohlenstück als Träger; um aber unmittelbar vergleichen zu können, empfiehlt sich die gleichzeitige Verwendung eines Mineralsplitters aus der angeführten Skala. Bei einiger Uebung erlangt man jedoch ohne Weiteres ein Urtheil über den Grad der Schmelzbarkeit. Letzterer lässt sich jedoch ausser durch jene Skala noch in der von Plattner angegebenen Weise charakterisiren, wonach 5 Abstufungen unterschieden werden: 1. leicht zur Kugel schmelzend, 2. schwer zur Kugel schmelzend, 3. leicht in Kanten schmelzbar, 4. schwer in Kanten schmelzbar, 5. unschmelzbar. — Ein genaueres Untersuchungsverfahren ist von Szabó angegeben. (Ueber eine neue Methode, die Feldspäthe auch in Gesteinen zu bestimmen. Budapest 1876.)

§ 2. Das Löthrohrverfahren.

Dasselbe beruht darauf, dass eine Reihe von Mineralien vor dem Löthrohr erhitzt entweder der Flamme eine charakteristische Färbung verleihen oder auf Kohle einen eigenthümlichen Beschlag geben oder sich in der Boraxperle mit bestimmter Farbe lösen etc., Merkmale, die bezeichnend genug sind, um zur Erkennung der untersuchten Substanz zu führen.

Die wichtigsten Utensilien sind das Löthrohr und die Flamme einer Oellampe, einer Kerze (am besten Paraffinkerze) oder eines Bunsen-schen Brenners. Die Flamme besteht bekanntlich aus einem innern leuch-

tenden Kegel (Reductionsflamme. R.-F.) und einer nicht leuchtenden Hülle (Oxydationsflamme. O.-F.).

Weiteres Zubehör bilden Holzkohle, Platinzange (Pincette), Platindraht und Glasröhren; als specielle Löthrohrreagentien sind aufzuführen: Borax, Phosphorsalz, Soda, Cyankalium, Salpeter, Kaliumbisulfat, Flussspath, Kobaltsolution, Probirblei, Magnesiumdraht.

Bei einer systematischen Löthrohruntersuchung sind folgende Operationen vorzunehmen:

1. Prüfung in der Platinzange.

Dabei lässt sich wahrnehmen: Flammenfärbung, Aufblähen, Verpuffen, Erglühen, Decrepitiren, Schmelzen.

Die Flammenfärbung ist namentlich für die alkalischen Erden, für die Borate, Phosphate und für Kupferverbindungen charakteristisch. Zur genaueren Untersuchung derselben bedient man sich des Spectroskops oder in einfacheren Fällen, um die störende gelbe Na-Flamme abzuhalten, eines blauen Kobaltglases. — Mineralien, die Wasser enthalten, blähen sich oft auf, wie der Alaun, die borsauren Salze, Stilbit etc.; Vermiculit blättert sich auf. — Verpuffen findet bei Nitraten statt. — Calcit, Strontianit, Gadolinit erglühen. — Manche anderen Mineralien, namentlich die Sulfide, decrepitiren. Bei diesen wird es dann zur Prüfung anderer Eigenschaften wohl nöthig, sie zu pulvern und mit Wasser zu einem dicklichen Brei anzurühren. — Noch andere Mineralien schmelzen und bei ihrer weiteren Untersuchung kann die oben mitgetheilte Schmelzbarkeitsskala berücksichtigt werden.

2. Erhitzen der Substanz in der einseitig geschlossenen Glasröhre, d. h. ohne Zutritt von Luft.

Dabei kann man ebenfalls etwaige Schmelzbarkeit, Phosphorescenz, auch wohl Verkohlen beobachten, im Besonderen findet statt Dampf- oder Gasentwicklung, z. B. Wasserdampf bei Hydraten, Kohlensäure bei gewissen Carbonaten etc., oder es zeigt sich Sublimatbildung.

Ein weisses Sublimat geben Sb_2O_3, As_2O_3, HgCl, $HgCl_2$, ein farbiges: S, die Schwefelverbindungen von Sb und As, der Zinnober etc. Auch ein Farbenwechsel der Substanz kann stattfinden, so ist ZnO in der Kälte weiss, heiss gelb; entsprechend sind SnO hellgelb und gelbbraun, PbO gelb und braun etc.

3. Erhitzen der Substanz in der offenen Glasröhre, also bei Zutritt von Luft (Rösten).

Hier sind besonders Beschlag und Geruch charakteristisch.

Bei Anwesenheit von S- oder Se-Verbindungen entwickelt sich der eigenthümliche Geruch der schwefligen bezw. selenigen Säure. — As und Arsenverbindungen liefern einen weissen Beschlag in einiger Entfernung von der Probe. Sb und Sb-Verbindungen geben weissen Sb-Rauch und ein weisses Sublimat. Te und Te-Metalle entwickeln gleichfalls weissen Rauch, doch ist das Sublimat zu farblosen Tropfen schmelzbar. — Bi-Verbindungen geben einen dunkelbraunen Beschlag in der Hitze, der beim Erhalten gelb wird etc.

4. Erhitzen auf Kohle mit oder ohne Soda.

Charakteristische Wahrnehmungen bei dieser Prüfung beziehen sich auf den Geruch, die Schmelzbarkeit, etwaige Reduction oder Oxydation und die Beschlagbildung. Namentlich die letztere ist von besonderer Wichtigkeit und führt häufig ohne Weiteres zur Erkennung der Substanz.

5. Behandlung der Substanz mit der Boraxperle.

Der Borax (doppelt borsaures Natron) hat die Eigenschaft, in der Hitze Metalloxyde aufzulösen und dabei eine charakteristische Färbung anzunehmen, die oft verschieden ist, je nachdem die Perle mit der Oxydations- oder Reductionsflamme behandelt oder je nachdem sie heiss oder kalt ist (s. Tabellen). Aehnliche Zwecke verfolgt die Behandlung der Substanz mit der Phosphorsalz- (phosphorsaures Natron-Ammoniak)-Perle; dieselbe löst ausserdem in den Silicaten die Basen auf und scheidet die Kieselsäure in Form eines „Kieselskelets" ab. — Auch Soda wird in gleicher Absicht gebraucht.

In den nachfolgenden Tabellen sind die wichtigsten Löthrohr-Reactionen der am häufigsten vorkommenden Elemente in alphabetischer Reihenfolge zusammengestellt. In die letzte Columne sind ausserdem noch einige andere charakteristische Kennzeichen und Reactionen aufgenommen, die zur sicheren Erkennung des betreffenden Elementes dienen. Bemerkt mag werden, dass bei der Behandlung der Probe mit Soda auf Kohle etwaige Schwefelverbindungen zuvor abgeröstet werden müssen und dass bei regulinischen Metallen der Sodazusatz zu unterbleiben hat.

Literatur. Ueber die Löthrohruntersuchung der Mineralien vergl. Plattner-Richter, Probirkunst mit dem Löthrohr, bearbeitet von Kolbeck. 6. Aufl. Leipzig 1897. — Landauer, Die Löthrohranalyse. 2. Aufl. Berlin 1881. — Hirschwald, Anleitung zur system. Löthrohranalyse. Leipzig 1891. — Haushofer, Leitfaden für die Mineralbestimmung. Braunschweig 1892. — v. Kobell, Tafeln zur Bestimmung der Mineralien. 13. Aufl., bearbeitet von Oebbeke. München 1894. — Fuchs, Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. 4. Aufl., bearbeitet von Brauns. Giessen 1898. — Moses u. Parsons, Elements of Mineralogy, Crystallography and Blowpipe Analysis. New York 1890.

Name des Elementes resp. der Verbindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reductionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reactionen.
Aluminium.	—	Mit Co-Solution befeuchtet und geglüht: blau.	Langsam zu einer klaren Perle auflöslich.	Bei vielen Al-Verbindungen empfiehlt sich ein Pulvern der Substanz.
Antimon.	Grünlichblau.	Weiss, anfangs flüchtig, nachher gewöhnlich nicht mehr flüchtig.	O.-F. gelblich (heiss), farblos (kalt). In R.-F. scheiden sich anfangs Sb-Flitterchen aus; nach längerem Blasen wird die Perle wieder klar.	Beim Erhitzen entwickelt sich ein dichter weisser Rauch.
Arsen.	Hellblau.	Weisser, flüchtiger Beschlag, daher erst in einiger Entfernung von der Probe auftretend. Wird leicht reducirt und giebt einen knoblauchartigen Geruch.	—	In offener Glasröhre ein weisses flüchtiges Sublimat; in der geschlossenen Röhre geben Arsensulfide einen dunkelrothbraunen Beschlag, wenn heiss; einen rothen, wenn kalt. — Mit Soda und Cyankalium in der geschlossenen Röhre erhitzt: Metallspiegel.
Baryum.	Gelblichgrün. (mit Ausnahme der Ba-haltigen Silicate).	—	—	Spectroskop. — In Lösung leicht durch Schwefelsäure zu erkennen.
Blei.	—	In der Nähe der Probe gelber Beschlag, weiterab weiss. Bleikorn.	O.-F. gelb (heiss), farblos oder bei grösserem Zusatz emailgelb, wenn kalt.	Gelber Niederschlag mit Kaliumchromat.
Bor, Borsäure.	Intensiv gelbgrün, wenn mit Schwefelsäure angefeuchtet. Silicate werden am besten mit etwas gepulv. Flussspath und Kaliumbisulfat gemischt und die angefeuchtete Masse im Platindraht behandelt.	—	—	In einer Schale mit Schwefelsäure und Alkohol erhitzt, brennt letzterer mit deutlich grüner Farbe.
Brom.	—	—	—	Entwickelt Bromdämpfe mit Kaliumbisulfat in der geschlossenen Röhre.

Name des Elementes resp. der Verbindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reductionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reactionen.
Cadmium.	—	Rothbraun nahe der Probe, weiterab orangegelb.	O.-F. gelb (heiss), fast farblos (kalt).	Citrongelber Niederschlag durch SH_2, der sich in Schwefelammon nicht auflöst.
Calcium.	Schwach röthlichgelb.	—	Leicht auflöslich, die Perle wird aber beim Abkühlen krystallinisch und unklar.	Spectroskop!
Chlor.	—	—	—	Eine durch Cu blau gefärbte Phosphorsalzperle färbt sich bei Berührung mit Chlor intensiv purpur. Weisser Niederschlag mit Silbernitrat.
Chrom.	—	Kein Beschlag; nicht reducirbar.	O.-F. gelb bis dunkelroth (heiss), grünlichgelb bis gelblich (kalt). R.-F. smaragdgrün.	Mit Salpeter geschmolzen und ausgelaugt, charakteristischer gelber Niederschlag mit Bleiacetat.
Eisen.	—	Kein Beschlag; magnet. Pulver oder Masse.	R.-F. gelb bis roth (heiss), farblos bis gelb (kalt). R.-F. flaschengrün.	Mit Salpeter geschmolzen. blauer Niederschlag mit gelbem Blutlaugensalz.
Fluor.	—	—	—	In geschlossener Röhre erhitzt, greift das sich entwickelnde Fl das Glas an, zuweilen wird ein Zusatz von Kaliumbisulfat nöthig.
Gold.	—	Sehr leicht Metallkorn.	Reducirt sich schon in der Perle.	—
Jod.	—	—	—	Entwickelt bei Behandlung mit Kaliumbisulfat Joddämpfe, die Stärkepapier blau färben.
Kalium.	Violett, wenn kein Na zugegen.	—	—	Kobaltglas, resp. Spectroskop.
Kobalt.	—	—	Smalteblau bis dunkelblau.	

Name des Elementes resp. der Verbindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reductionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reactionen.
Kohle in Form von Carbonaten.	—	—	—	Entwickelt mit HCl Kohlensäure.
Kupfer.	—	Kein Beschlag, leicht Kupferkorn.	O.-F. grün (heiss), blau (kalt). R.-F. undurchsichtig roth.	Färbt sich in Lösung bei Zusatz von viel Ammoniak intensiv blau.
Lithium.	Intensiv carminroth, bei Gegenwart von Na gelbroth.	—	Wie Kalk, kalte Perle milchweiss.	Spectroskop!
Magnesium.	—	Mit Co-Solution geglüht, wird der Beschlag roth.	—	Wird bei Gegenwart von überschüssiger Salmiaklösung und Ammoniak aus Lösung als weisser krystallinischer Niederschlag durch Na-Phosphat ausgefällt.
Mangan.	—	—	O.-F. amethystfarbig (heiss), violettroth (kalt). R.-F. farblos.	Mit Soda in O.-F. entsteht eine blaugrüne Perle, selbst bei Gegenwart der meisten anderen Metalloxyde.
Molybdän.	—	O.-F. gelbliches Pulver (heiss), weiss (kalt), in der Nähe der Probe jedoch kupferroth. An der R.-F. färbt sich der weisse Beschlag dunkel.	O.-F. gelb bis roth (heiss), farblos, resp. opalartig (kalt). R.-F. die klare Perle färbt sich braun und wird undurchsichtig.	—
Natrium.	Gelb.	—	—	Spectroskop!
Nickel.	—	Kein Beschlag; wird reducirt zu Flitterchen metallischen und magnetischen Ni.	O.-F. violett (heiss), rothbraun (kalt). R.-F. trübe durch ausgeschiedenes Ni, bei längerem Blasen farblos.	—

Name des Elementes resp. der Verbindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reductionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reactionen.
Phosphor in Form von Phosphaten.	Grün (bei den meisten Phosphaten namentlich bei Zusatz von Schwefelsäure).	—	—	In der geschlossenen Röhre mit metallischem Magnesium behandelt und mit Wasser befeuchtet: Phosphorwasserstoff. In überschüssiger Salpetersäure gelöst bei Zusatz von Ammoniummolybdat langsames Ausscheiden eines gelben Pulvers.
Quecksilber.	—	—	—	Mit Soda in der geschlossenen Röhre graues Sublimat von metallischem Quecksilber. — Hg-Sulfide geben in der Röhre einen schwarzen Beschlag, der beim Reiben roth wird.
Schwefel als Sulfid und Sulfat.	—	Auf blankem Silberblech Heparreaction.	—	In der geschlossenen Röhre geben einige Sulfide Schwefel ab, andere schweflige Säure.
Selen.	—	Grauer Beschlag. Schmilzt leicht mit blauer Flamme und stösst charakteristisch riechende Dämpfe aus.	—	In offener Glasröhre in der Nähe ein metallisches, weiterab rothes Sublimat.
Silber.	—	Wird sehr leicht reducirt.	O.-F. färbt die kalte Perle milchweiss oder opalartig. R.-F., nach längerem Blasen klar.	Aus Lösungen durch HCl niedergeschlagen.
Silicium in Form von Silicaten.	—	—	—	In der Phosphorsalzperle Kieselskelet.
Stickstoff in Form von Nitraten.	—	Verpuffen.	—	In der Röhre mit Schwefelsäure erhitzt rothe Dämpfe.
Strontium.	Carminroth.	—	Farblos (heiss), milchweiss (kalt).	—
Tellur.	Grün.	Weisser Beschlag, gewöhnlich mit rothem oder dunkelgelbem Rand.	O.-F. farblos, wird in R.-F. erst grau, dann wieder farblos.	In der offenen Röhre ein weisser oder grauer Beschlag, der zu farblosen Tropfen schmilzt.

Name des Elementes resp. der Verbindungen.	Flammenfärbung.	Beschlag mit Soda auf Kohle.	Verhalten in der Boraxperle. O.-F. = Oxydationsflamme. R.-F. = Reductionsflamme.	Besondere Kennzeichen und Reactionen.
Titan.	—	—	O.-F., wenn stark gesättigt und heiss, gelb; kalt, farblos bis weiss. R.-F. gelb bis braun.	Violette Phosphorsalzperle. — Mit Soda geschmolzen, dann in HCl gelöst und mit metallischem Zn oder Sn erhitzt, färbt sich die Flüssigkeit violett.
Uran.	—	—	O.-F. braun bis roth (heiss), gelblichgrün (kalt).	Phosphorsalzperle in O.-F. grünlichgelb, in R.-F. schön grün.
Vanadium.	—	—	O.-F. farblos bis gelb (heiss), grünlichgelb (kalt). R.-F. bräunlich (heiss), chromgrün (kalt).	—
Wismuth.	—	Dunkelorange (heiss), citronengelb (kalt); sprödes Metallkorn.	O.-F. gelb bis gelblichroth (heiss), farblos bis opalartig (kalt); R.-F. anfangs getrübt, später klar.	Reichlicher Zusatz von Wasser bringt in der Lösung einen weissen Niederschlag hervor.
Wolfram.	—	—	O.-F. gelb (wenn stark gesättigt und heiss), emailartig (kalt). R.-F. bei grösserem Zusatz dunkelgelb.	Blaue Phosphorsalzperle. Mit Soda geschmolzen, in HCl gelöst und mit metallischem Zn erwärmt, färbt sich die Flüssigkeit schön blau.
Zink.	—	Gelb (heiss), weiss (kalt); mit Co-Solution geglüht, schön gelblichgrün.	O.-F. gelblich (heiss), farblos (kalt). R.-F. anfangs getrübt, später klar.	—
Zinn.	—	Weisser, nicht verflüchtbarer Beschlag. Kleine Metallflitterchen.	—	—

§ 3. Das mikrochemische Verfahren.

Dasselbe beruht als Untersuchungsmittel darauf, dass Mineralien in Berührung mit Lösungsmitteln oder verschiedenen Reagentien beim langsamen Eintrocknen charakteristische Krystallisationsproducte geben. Da zu den Untersuchungen die allerkleinsten Fragmente ausreichen und die Beobachtung der gebildeten Krystalle unter dem Mikroskop vorgenommen wird, so versteht sich der für diese Methode gebrauchte Name.

Die Methode ist zum ersten Male (1877) von Bořicky angewendet worden. Bei seinem Verfahren diente Kieselflusssäure als einziges Lösungsmittel und Reagens.

Das Mineralfragment, von der Grösse eines Stecknadelkopfes und mit der Lupe ausgesucht, wird auf einem mit Canadabalsam überzogenen Objectträger mit einem Tropfen Kieselflusssäure behandelt. Die beim langsamen Verdunsten sich ausscheidenden Fluorsilicium-Verbindungen besitzen durchweg charakteristische Gestalten, die unter dem Mikroskop wahrgenommen werden. So bildet das Kaliumsalz zumeist reguläre Würfel, das Na-Salz hexagonale Prismen mit der Basis oder der Bipyramide, das Ca-Salz spindelartige Formen, das Mg-Salz Rhomboeder etc.

Weiterhin wurde von Behrens (siehe Literatur am Schluss dieses Paragraphen) eine Abänderung vorgeschlagen, wonach das Mineral, nachdem es auf Platinblech mit Flusssäure aufgeschlossen und mit Schwefelsäure zur Trockne gedampft ist, in Wasser oder Salzsäure zur Wiederauflösung gebracht wird. Die daraus auskrystallisirenden Salze erscheinen charakteristisch genug, um die Erkennung der Substanz herbeizuführen. Haushofer (siehe Literatur) behandelt das Mineral im Probirröhrchen mit concentrirter Schwefelsäure und untersucht die aus dieser Lösung sich abscheidenden Sulfate.

Bei der weiteren Ausbildung dieser Methode (siehe Literatur), um die sich ausser Behrens namentlich Streng Verdienste erworben hat, wurden neben dem Lösungsmittel, dessen Salze zur Untersuchung dienten, noch besondere Reagentien herangezogen, je nachdem diese zur Erlangung charakteristischer Krystallisationsproducte nothwendig wurden. Der Einwirkung der Reagentien geht die Behandlung des Minerales mit einem geeigneten Lösungsmittel vorauf. Die Methode ist dadurch ganz dem Gange der qualitativen Analyse analog geworden mit dem Unterschied, dass nicht die besonderen Umstände und Eigenschaften des Niederschlages, sondern in den meisten Fällen die Form der sich ausscheidenden Krystalle zur Erkennung führen. Bei der Auswahl der mikrochemischen Reagentien kommt aber daneben noch die stete Rücksicht auf minimales Erforderniss der zu untersuchenden Substanz in Betracht, was dadurch erreicht werden kann, dass bei der Reaction die fragliche Verbindung in ein möglichst vielatomiges Molekül einzutreten veranlasst wird.

Der sorgfältig isolirte Mineralsplitter wird durch ein geeignetes Lösungsmittel entweder im Uhrglase, in kleinen Platingefässen etc. in Lösung gebracht und diese Lösung, nachdem sie noch durch einen Tropfen Wasser verdünnt, mit Hülfe von Capillarpipetten auf mehrere Objectträger (oder wenn Flusssäure das Lösungsmittel war, auf Platinblech) vertheilt. Jedem einzelnen Theil wird dann mittelst eines Platindrahts sein besonderes Reagens zugesetzt. Das Ausscheiden der Kryställchen kann man durch Erwärmen etwas beschleunigen.

Nachstehend sind für eine Anzahl wichtiger Elemente die mikrochemischen Reactionen zusammengestellt. Für Bi, Sb, Cd, Cr, Mn, Wo, Zn und einige andere Elemente fehlt es noch an charakteristischen Reactionen, man benutzt bei diesen daher besser das Löthrohr.

Ag. Behandeln mit HCl, Lösen des Niederschlags mit Salzsäure oder Ammoniak. Nach dem Verdunsten kleine Oktaeder von AgCl.

Al. Cäsiumsulfat. Reguläre Krystalle von Cäsiumalaun.

Au. Ein kleines Stück Stanniol wird auf dem Objectträger in der Wärme mittelst eines Tropfens HCl gelöst. Die Goldlösung färbt sich dadurch purpur.

Ba. Ferrocyankalium. Hellgelbe Rhomboeder oder rhomboedrische Combinationen.

Bi. Die salzsaure Lösung giebt mit Rubidiumchlorid dünne rhombische oder sechsseitige, farblose Tafeln.

Ca. Schwefelsäure. Feine Nadeln, meist gabelartig verwachsen, von Gyps auch Zwillinge.

Co. Salpetrigsaures Kalium und unter Erwärmen Zusatz von verdünnter Essigsäure. Gelbe, oft fast kreisrunde reguläre Körnchen ($\infty O \infty$ und O) von salpetrigsaurem Kobalt-Kalium.

Cu. Viel Ammoniak und etwas Ferrocyankalium. Niederschlag von charakteristischer brauner Farbe.

Fe. Für Oxydulsalze Ferricyankalium, für Oxydsalze Ferrocyankalium. Blauer Niederschlag.

Hg. Mercurosalze geben mit verdünnter Schwefelsäure farblose rhombische Krystalle von Hg_2SO_4 mit monoklinem Habitus; Mercurisalze mit wenig Jodkaliumlösung einen rothen krystallinischen Niederschlag.

K. Platinchlorid. Dunkelgelbe reguläre Krystalle und Combinationen von K_2PtCl_6.

Li. Natriumphosphat. Kleine an den Enden abgerundete oder gegabelte Prismen mit gerader Auslöschung.

Mg. Natriumphosphat neben Salmiak und Ammoniak. Schneesternähnlich gruppirte Nadeln in der Kälte; briefcouvertartige Skelete in der Wärme.

Mo. Mit Salpeter und Soda geschmolzen, dann in Salpetersäure gelöst und unter Erwärmen eine Spur Natriumphosphat zugefügt: gelbe reguläre Körnchen (O, $\infty O \infty$, ∞O).

Na. Uranylacetat. Hellgelb gefärbte Tetraeder und tetraedrische Combinationen des Natrium-Uranylacetats.

Ni. Mit Ammoniak alkalisch gemacht, dann Zusatz von Kaliumsulfocarbonat. Rosenrothe Färbung, die bald in Braun übergeht. — Co muss jedoch vorher entfernt sein.

P. Molybdänsaures Ammoniak in salpetersaurer Lösung. Gelbe reguläre Körnchen (O, $\infty O \infty$, ∞O).

Pb. Verdünnte Salzsäure. Nadeln, abgeplattete Prismen mit gerader Auslöschung, rhombische Täfelchen mit diagonaler Auslöschung.

Pt. Wie bei Au. Die Pt-Lösung wird tief braunroth gefärbt.

Sn. Stanniverbindungen in salzsaurer Lösung mit KCl versetzt, bilden reguläre Krystalle, vorwaltend O, daneben mOm, mO von K_2SnCl_6. — Stannoverbindungen werden erst durch Salpetersäure oxydirt. — Metallisches Zinn in Salzsäure gelöst giebt mit Platinchlorid eine intensiv rothbraune Färbung.

Sr. Oxalsäure. Theils rechteckige Täfelchen, theils scheinbar quadratische stumpfe Pyramiden.

U. Sodalösung, darauf Essigsäure. Gelbe Tetraeder (cf. Na).

Einen besonderen Werth erlangt die mikrochemische Methode bei der petrographischen Untersuchung von Dünnschliffen. Die Isolirung der einzelnen Mineralien wird durch ein durchbohrtes Deckglas bewirkt, wodurch der Zutritt des Lösungsmittels und des Reagenses ermöglicht wird.

Literatur. Bořiky, Elemente einer neuen chem.-mikrosk. Mineral- u. Gesteinsanalyse. Prag 1877. — Behrens, Mikrochem. Methoden zur Mineralanalyse. Verslagen en Mededeel. d. Akad. v. Wetensch., Afd. Naturk. (2) VII. 1881. Amsterdam. — Lehmann, Ann. d. Phys. u. Chem. Neue Folge. Bd. 13, S. 506. — Streng, Neues Jahrb. f. Min. etc. 1883. II, S. 365, ibid. 1885. I, S. 21. — Haushofer, Mikroskopische Reactionen. Braunschweig 1885. — Klément et Renard, Réactions microchimiques. Bruxelles 1886. — Behrens, Anleitung zur mikrochem. Analyse. Hamburg und Leipzig 1895. — Fuchs-Brauns, Anleitung zum Bestimmen der Mineralien. Giessen 1898. — A. C. Huysse, Atlas zum Gebrauch bei der mikrochem. Analyse. Leiden 1900.

IV. Abschnitt.

Die Lehre von den Lagerstätten der Mineralien.

Literatur. BREITHAUPT, Die Paragenesis der Mineralien. Freiberg 1849. — v. COTTA, Die Lehre von den Erzlagerstätten. Freiberg 1859—1861. — J. GRIMM, Die Lagerstätten der nutzbaren Mineralien. Prag 1869. — v. DECHEN, Die nutzbaren Mineralien und Gebirgsarten im Deutschen Reiche. 1873. — A. v. GRODDECK, Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. Leipzig 1879. — F. ZIRKEL, Lehrbuch der Petrographie. 2. Aufl. Bonn 1866. — H. ROSENBUSCH, Mikroskop. Physiographie der massigen Gesteine. 2. Aufl. Stuttgart 1887. — DERSELBE, Elemente der Gesteinskunde. 1898. — R. BECK, Lehre von den Erzlagerstätten. Berlin 1901.

Ausser einer Reihe specieller Mineraltopographien (Harz, Sachsen, Schlesien, Schweiz, Oesterreich-Ungarn, Schweden, Theile von Nord- und Süd-Amerika etc.) wird das geographische Vorkommen der Mineralien zusammenfassend behandelt in dem älteren Werk: G. LEONHARD, Handwörterbuch der topographischen Mineralogie. 1843.

Der Name Lagerstätte eines Minerales wird in doppeltem Sinne gebraucht. Einerseits versteht man darunter die natürliche Fundstätte eines Minerales unter Berücksichtigung der Art des Vorkommens, sowie aller Umstände, unter denen dasselbe angetroffen wird, andererseits aber auch den selbstständigen, geologisch, d. h. nach Genesis, Zusammensetzung, Form und Lagerung als Individuum charakterisirten Körper, den das beregte Material mit allen räumlich, genetisch und tektonisch mit ihm verknüpften Mineralien bildet.

Wenn die Mineralogie sich nun auch nur mit den Lagerstätten im ersteren Sinne zu befassen hat, so ist doch im Interesse einer abgeschlossenen Darstellung auch die Rücksichtnahme auf die Lagerstätten als geologische Körper geboten. Denn da die Mineralien als wesentlichstes Material, aus dem sich die Bausteine der Erde, die Gesteine, zusammensetzen, eine hohe geologische Bedeutung besitzen, so wird auch bei der Betrachtung der Mineralien ein Seitenblick auf Verhältnisse, deren Darstellung sonst der Geologie zukommt, nicht umgangen werden dürfen.

Demgemäss sind in diesem Abschnitt zu behandeln:

1. die Art des Zusammenvorkommens eines Minerales mit anderen, dieselbe Lagerstätte theilenden Mineralien und die charakteristischen Beziehungen mit einander vergesellschafteter Mineralien;

2. die durch das Zusammenvorkommen von Mineralien bedingte Structur;

3. die äussere Form der Lagerstätten;

4. die Verbreitung der Mineralien in geographischer und geologischer Hinsicht;

5. die verschiedenen Arten von Minerallagerstätten. (Eintheilung der Lagerstätten.)

§ 1. Mineralgesellschaft. Mineralgemenge, Combination und Formation. — Paragenesis, Succession. Generation. Mineralien treten auf ihren Lagerstätten entweder für sich allein auf, wie unter Umständen Kalkspath, Gyps, Steinsalz etc., oder häufiger in Gesellschaft mit anderen Mineralien. Letzteres ist z. B. der Fall bei den meisten Gesteinen und Erzlagerstätten. Eine derartige Mineralgesellschaft kann nun durch mehr oder minder zufällige Verhältnisse zusammengeführt sein, wofür die willkürlich wechselnden Mineralassociationen der klastischen Gesteine und mancher Seifen Beispiele geben. Solche Mineralgesellschaften wollen wir als Mineralgemenge bezeichnen. Es können aber auch die mit einander dieselbe Lagerstätte theilenden Mineralien gewisse genetische, chemische und physikalische Beziehungen gemein haben, sodass ihr Nebeneinandervorkommen nicht als zufällig, sondern als gegenseitig bedingt und charakteristisch anzusehen ist. Solche Mineralgesellschaften bezeichnen wir bei den Gesteinen als Mineralcombinationen, bei den Erz- und Mineralgängen als Mineralformationen.

Durch Sandberger und v. Groddeck ist es neuerdings in Gebrauch gekommen, den Ausdruck Mineralformation, wie er hier benutzt ist und ursprünglich von v. Herder, Freiesleben und Breithaupt gefasst wurde, auf das zu beschränken, was in der Folge als Generation bezeichnet ist.

Aeusserlich tritt die gegenseitige Abhängigkeit der Mineralien am auffälligsten darin hervor, dass die gleiche Mineralgesellschaft sich vom Ort und dem geologischen Alter unabhängig erweist, dass also, um die typischsten Beispiele zu erwähnen, die Mineralcombinationen der Eruptivgesteine sich über die ganze Erde und über alle geologischen Perioden in gleicher Weise verbreiten.

Die bei solchen Mineralgesellschaften vorhandenen charakteristischen Beziehungen, die in erster Linie als genetische hervortreten, werden mit einem von Breithaupt eingeführten Wort als paragenetische Verhältnisse jedes auf der gleichen Lagerstätte auftretenden Minerales bezeichnet und demgemäss wird wohl auch die ganze Combination oder Formation die Paragenesis des in Rede stehenden Minerales genannt.

Die Betrachtung und Discussion der paragenetischen Verhältnisse ist, wie sofort ersichtlich, in vielen Fällen geeignet, die näheren Umstände in der Bildung und Umbildung, in der chemischen Zusammensetzung etc. eines Minerales aufzuhellen und nicht minder häufig als Erkennungsmittel eines Minerales zu dienen.

In Mineralcombinationen und Formationen lässt sich sehr oft ein Altersunterschied der zusammensetzenden Mineralien feststellen, eine Erscheinung, die den Namen Succession führt. Alle Mineralien gleichzeitiger Entstehung bilden eine Generation. So folgen auf vielen Erzgängen successiv auf einander: 1. Quarz und Bleiglanz, 2. Kupferkies und Blende, 3. Kalkspath und Perlspath. Die unter eine Nummer zusammengefassten Mineralien bilden eine Generation, die auf einander folgenden eine Succession.

Das Vorhandensein von Mineralsuccessionen und die zu einer Generation gehörigen Mineralien werden in den meisten Fällen nicht schwer und an verschiedenen Umständen erkannt.

Unter den Eruptivgesteinen tritt Succession namentlich bei den porphyrischen Gesteinen auf, während die Gesteine mit granitisch-körnigem Habitus in der Regel nur eine einzige Generation erkennen lassen. Die wohl auskrystallisirten und grösser entwickelten Mineralien der porphyrischen Gesteine sind früher erstarrt als die nach aussen nur unvollkommen ausgebildeten Mineralien der Grundmasse. — Auf Erzgängen ist die Succession eine ganz gewöhnliche Erscheinung und hier auch zuerst in ihrer Bedeutung gewürdigt. Die lagenförmige Structur zeigt den Altersunterschied an und lässt die den Salbändern zunächst liegenden Mineralien älter als die in der Gangmitte ausgeschiedenen erkennen. — Die in compacter Gesteins- oder Gangmasse befindlichen Mineralien sind durchweg älter als die in Drusen befindlichen. — Aufsitzende Mineralien sind jünger als die Träger. — Durch secundäre chemische Umwandlung gebildete Mineralien sind jünger als die auf derselben Lagerstätte befindlichen primären Mineralien. — Mineralien gleicher Generation sind im Allgemeinen durch ähnliche Formbeschaffenheit und innige, häufig in derselben Weise wiederkehrende Verwachsung ausgezeichnet.

Auf vielen Minerallagerstätten wiederholt sich die Erscheinung, dass eine und dieselbe Mineralart zu wiederholten Malen gebildet worden ist. Vielfach sind alsdann die verschiedenen Generationen eines solchen Minerals mit verschiedenartigem Habitus ausgestattet.

Der Kalkspath erster Generation von St. Andreasberg gehört der derben Gangmasse an, ist trübe, zeigt geringe Formenentwicklung (R_4, R), der Kalkspath zweiter Generation dagegen ist auf Drusen ausgeschieden, durchsichtig und ausgezeichnet durch reiche krystallographische Entwicklung. Gleiches wiederholt sich bei den Kalkspäthen vieler Erzgänge und ähnliches gilt auch von vielen anderen Mineralien. — Die ältere Feldspathgeneration des Riesengebirges, die dem derben Gestein angehört, trägt einen ganz anderen krystallographischen Habitus als die nachträglich auf Drusenräumen ausgeschiedenen Krystalle.

§ 2. Structur oder Textur. Die räumliche Abgrenzung der einzelnen, auf einer Lagerstätte vereinten Mineralien gegen einander bedingt bestimmte Verbandsverhältnisse unter denselben, die als die Structur oder auch als die Textur der Lagerstätte bezeichnet werden.

Zunächst treten bei der Betrachtung der Structur Unterschiede der Cohärenz entgegen: lockeren und losen Mineralanhäufungen, wie in den meisten Seifen, den Alluvionen der Flüsse, Seen und Meere, stehen

fest mit einander verbundene Aggregate, wie in der Hauptmasse der Gesteine und in den Mineralgängen, gegenüber.

Von wesentlicherer Bedeutung ist die Unterscheidung, ob die Structur einer Lagerstätte eine primäre ist, d. h. ob dieselbe unmittelbar aus der Verwachsung der aus irgend welcher Lösung resp. dem feurigen Flusse sich ausscheidenden Mineralien hervorgegangen ist oder ob dieselbe secundär ist, d. h. entstanden durch Wiederverkittung der eine frühere Lagerstätte aufbauenden Mineralien.

Zur ersten Kategorie zählen die massigen Gesteine, die meisten gangförmigen Lagerstätten, zur zweiten die klastischen Gesteine. Auch eine Vermischung beider Structuren findet statt, z. B. bei der Trümmerstructur mancher Mineralgänge und der Imprägnationsstructur (Fahlbänder, Knottenerze in den klastischen Sandsteinen von Commern und Mechernich).

Der regellos-körnigen oder massigen Structur, bei der alle Gemengtheile wirr durcheinander liegen und die charakteristisch ist für fast alle Eruptivgesteine, steht diejenige gegenüber, bei der die einzelnen Gemengtheile schichten- oder lagenweise angeordnet sind. Bei den sedimentären Gesteinen, deren Gemengtheile successive sedimentirt sind, heisst letztere Structur geschichtet, bei den Mineral- und Erzgängen, die durch successive Auskrystallisation ihrer Mineralien ebenfalls eine lagenförmige Structur zeigen, heisst dieselbe krustenförmig. In letzterem Fall unterscheidet man noch eine eben krustenartige und eine concentrisch krustenartige Ausbildung, letztere z. B. bei den Ringel- oder Cocardenerzen. Durch symmetrische oder unsymmetrische Wiederholung derselben Mineralformation zu beiden Seiten des Ganges wird eine symmetrische oder unsymmetrische sogen. Lateralstructur hervorgebracht.

Die massige Structur wird als derb bezeichnet, wenn die Lagerstätte resp. der in Betracht gezogene Theil derselben wesentlich aus einem Mineral aufgebaut ist, als porphyrartig, wenn einzelne Mineralien gleicher oder verschiedener Art sich durch beträchtlich grössere Dimensionen vor den übrigen auszeichnen. Sie erscheinen alsdann als Einsprenglinge in einem kleiner körnigen Mineralaggregat, welches bei den Gesteinen den Namen Grundmasse führt.

Hinsichtlich weiterer Structurmodificationen sei auf die zu Eingang dieses Abschnittes erwähnte Literatur, sowie auf die Hand- und Lehrbücher der Petrographie verwiesen.

§ 3. Die Lagerungsformen. Die Lagerstätten lassen sich, wie oben erwähnt, als Individuen im geologischen Sinn auffassen. Ihnen muss daher auch als Abgrenzung gegen andere geologische Körper eine

äussere Form zukommen, die als die Lagerungsform der Lagerstätte bezeichnet wird. Als solche Lagerungsformen lassen sich im Wesentlichen zwei, auf Altersbeziehnungen zu dem umgebenden Nebengestein gegründete Abarten unterscheiden ohne weitere Berücksichtigung verschiedenartiger Genesis.

1. Die Form der Ueberlagerung. Hierher gehören alle jene Lagerungsformen, wo die Lagerstätte jünger ist als das liegende, aber älter als das hangende Nebengestein, falls ein solches vorhanden ist. Vielfach wird bei einer derartigen Lagerungsform einer Lagerstätte letztere mit dem umgebenden Nebengestein gleiches Streichen und Fallen haben. Besondere Formen sind die Flötze (grosse streichende Erstreckung bei relativ geringer Mächtigkeit), die Lager (geringe streichende Erstreckung bei relativ grosser Mächtigkeit), die Linsen.

2. Die Form der Einschaltung. Hier ist die Lagerstätte nachträglich in den tektonischen Verband des Nebengesteins eingeschaltet worden, also jünger als das Liegende, aber auch als das Hangende. Im Allgemeinen durchsetzt die Lagerstätte das Nebengestein, weicht also vom Streichen und Fallen desselben ab. Als besondere Formen sind aufzuführen: die Gänge, Stöcke, Butzen, Nieren, Geoden.

§ 4. Verbreitung der Mineralien. Dieselbe kann nach drei Richtungen zum Gegenstand der Betrachtung gemacht werden.

1. Nach dem Mass der Verbreitung.

Die Mineralien sind in sehr verschiedenen Mengen über die Erde verbreitet. Es giebt solche, die überhaupt nur selten gefunden werden (gediegene Metalle, Diamant etc.), andererseits solche, die fast allein ganze Gebirgszüge aufbauen (Quarz, Kalkspath). Von Mineralien der letzten Art, die sich durch massenhaftes Vorkommen auszeichnen, sagt man, dass sie eine intensive Verbreitung besitzen, während als Mineralien extensiver Verbreitung solche bezeichnet werden, die überall und häufig vorkommen, wenn auch manchmal nur in kleiner Menge (Feldspath, Apatit, Schwefelkies).

2. In räumlicher Beziehung.

Eine Vertheilung der Mineralien nach geographischen Zonen, wie es bei den Thieren und Pflanzen der Fall ist, findet sich nicht bei den anorganischen Körpern; nichtsdestoweniger sind einzelne Gegenden der Erde durch einen besonderen Mineralreichthum ausgezeichnet, andere dagegen arm an Mineralien. Stets steht aber eine solche geographische Verbreitung der Mineralien im Zusammenhang mit dem geologischen Bau der betreffenden Gegend und ist von demselben abhängig. Gebirgsgegenden, namentlich solche, an deren Aufbau Eruptivgesteine und

krystallinische Schiefer wesentlich betheiligt sind, haben als typische Mineralfundstätten zu gelten, während in Gegenden mit sedimentärem Schichtenbau, insbesondere mit jugendlichen Sedimenten, Mineralien, wie sie der Mineralog für seine Sammlungen sucht, viel spärlicher auftreten. — Auffällig bleibt der Umstand, dass einzelne Mineralien an gewissen Orten reichlich verbreitet sind, während sie anderswo fehlen oder gar auf gewisse Orte beschränkt erscheinen, ohne dass der geologische Grund dafür sofort ersichtlich wäre. So ist der Enargit an mehreren Stellen Südamerikas ein gemeines Kupfererz, während er anderswo selten ist. Der Kryolith ist fast beschränkt auf den Arksutfjord im westlichen Grönland; noch mehr gilt das vom Rothzinkerz, das allein, aber in grosser Menge am Stirling Hill und Mine Hill in New-Jersey U. S. vorkommt.

3. In geologischer Beziehung.

In geologischer Beziehung herrschen namhafte Verschiedenheiten im Auftreten der Mineralien, im Besonderen ist hier die Abhängigkeit des Vorkommens von der geologischen Natur und Genesis der Lagerstätten und damit zusammenhängend auch von deren Form und merkwürdigerweise zuweilen sogar von der Zeit zu betonen.

Wenn auch die meisten Mineralien auf ganz verschiedenem Wege entstehen können, demnach geologisch auf die verschiedenste Art vorkommen, wie Quarz, Feldspath, Kalkspath, Magnetit etc., so sind andere doch wieder auf gewissen Lagerstätten entweder ganz besonders häufig oder geradezu auf dieselben beschränkt. Am auffälligsten tritt das entgegen bei einzelnen charakteristischen Mineralien der Eruptivgesteine, in denen allein Leucit, Nephelin, Melilith etc. gefunden werden, ferner bei denen der krystallinischen Schiefer und der Contactlagerstätten. Auch unter den Mineralien, die auf Drusen- und Hohlräumen in Eruptivgesteinen vorkommen, ebenso unter solchen, die auf Gängen, Lagern, Seifen sich finden, giebt es einzelne, die für diese besondere Form von Lagerstätten charakteristisch sind.

So sind Zeolithe charakteristisch für die Ausfüllung der Hohlräume in basischen Eruptivgesteinen; Gold, Zinnstein, Diamant und einige andere Edelsteine kommen am häufigsten auf Seifen vor; sulfidische Mineralien finden sich wiederum mit Vorliebe auf Gängen etc.

In wie fern die Zeit eine besondere Rolle spielen kann, geht daraus hervor, dass Mineralien, wie Leucit und Melilith fast nur in jüngeren Eruptivgesteinen reichlich gefunden werden, während sie in älteren sehr selten sind, dass andererseits gewisse Mineralien wieder in älteren Gesteinen häufiger sind als in jüngeren oder dass der Habitus und die physikalische Beschaffenheit verschieden ist, je nachdem das Mineral sich

auf älteren oder jüngeren Lagerstätten findet. Für das Letztere liefern Orthoklas und Sanidin, Eläolith und Nephelin bezeichnende Beispiele.

Dass es jedoch in letzter Linie nicht die Zeit ist, die diese Unterschiede bedingt, sondern besondere geologische Verhältnisse, die uns nur auf den ersten Anblick als zeitlich verschiedene erscheinen, bedarf wohl keiner weiteren Ausführung.

§ 5. Eintheilung der Minerallagerstätten. Eine streng wissenschaftliche Eintheilung der Lagerstätten kann nur auf geologischer Basis erfolgen, wobei alsdann die Genesis, die Form und Structur wichtige Eintheilungsgründe abgeben.

Eine Classification auf Grund des mineralogischen Bestandes hat nur da, wo die praktische Seite betont wird, gewisse Berechtigung. An dieser Stelle, wo uns die Lagerstätten wesentlich als Fundorte der Mineralien interessiren, kommt es auf ein strenges System weniger an, und wir begnügen uns, die verschiedenen Lagerstätten in die beiden Kategorien I. Gesteine und II. Besondere Lagerstätten zu theilen.

I. Gesteine.

Alle Minerallagerstätten, soweit sie aus der Erstarrung eines geschmolzenen Magmas oder dem Absatz suspendirten bezw. gelösten Materiales hervorgegangen sind, heissen Gesteine. Die bei ihrer Entstehung thätigen chemischen, physikalischen und mechanischen Bildungsgesetze bewirken eine Charakterisirung der Gesteine in stofflicher, structureller und formaler Beziehung und gestatten die Unterscheidung verschiedener Gesteinstypen (Gesteinsarten). In Folge ihrer meist intensiven Verbreitung haben die Gesteine als die eigentlichen Bausteine der Erdrinde zu gelten.

Diejenigen Mineralien, welche ein Gestein zusammensetzen, heissen die Gemengtheile desselben. Diese können für den Bestand eines bestimmten Gesteins nothwendig sein, alsdann werden sie die wesentlichen Gemengtheile genannt, oder sie treten nur gelegentlich in den Bestand ein und werden als accessorische Mineralien bezeichnet. Alle diejenigen Mineralien, die in einem Gestein paragenetisch von einander abhängen, bezeichnet man wohl auch als charakteristisch.

A. Erstarrungs- oder massige Gesteine.

Die mineralogische Zusammensetzung der massigen Gesteine ist, soweit es sich um die wesentlichen Gemengtheile handelt, eine wenig mannichfaltige.

Es sind in der Hauptsache die folgenden Mineralien:

a) wesentliche Gemengtheile: Quarz, Orthoklas, Plagioklase, Leucit, Nephelin, Muskovit, Biotit, Hornblenden, Augite, Olivin;

b) accessorische Gemengtheile: Sodalith, Hauyn (Nosean), Granat, Turmalin, Apatit, Zirkon, Titanit, Spinell, Magnetit, Chromit, Hämatit, Ilmenit, Pyrit, Magnetkies.

Dagegen tritt bei den Massengesteinen die paragenetische Abhängigkeit der einzelnen Gemengtheile von einander so entschieden hervor, dass die einzelnen paragenetischen Formationen die verschiedenen Gesteinsarten oder besser Gesteinstypen liefern. Bei ihnen lassen sich die Gesteinsarten geradezu als Verkörperungen paragenetischer Bildungsgesetze bezeichnen. Da aber gleiche paragenetische Combinationen nach ihrer Structur oder in ihrem gesammten geologischen Verhalten, ferner auch nach ihrem Alter, noch besondere Unterschiede aufweisen, so lässt man auf Grund derselben noch eine Spaltung der einzelnen paragenetischen Mineralgesellschaften in mehrere Gesteinstypen eintreten.

Im Nachstehenden ist eine Tabelle der wichtigsten Massengesteine gegeben.

	Paragenetische Combination.	Eugranitische Facies (Tiefengesteine).	Rhyotaxitische Facies (Ergussgesteine). Aeltere Reihe.	Rhyotaxitische Facies (Ergussgesteine). Jüngere Reihe.
Orthoklasgesteine.	Qu + Orth + Gl.	Granit.	Quarzporphyr.	Rhyolith.
	Orth + Ho.	Syenit.	Orthophyr.	Trachyt.
	Orth + Neph.	Eläolithsyenit.	Tinguait.	Phonolith.
Plagioklasgesteine.	Plag + Ho.	Diorit.	Porphyrit.	Andesit (Dacit = Plag + Ho + Qu).
	Plag + Aug.	Augitdiorit. Gabbro, Norit.	Diabas, Augitporphyrit, Melaphyr.	Augitandesit. Basalt.
Feldspathfreie Gesteine.	Neph + Aug.	—	—	Nephelinit.
	Leu + Aug.	—	—	Leucitit.
	Ol + Aug.	Peridotit.	Pikritporphyrit.	Limburgit.

Im Vorstehenden ist Quarz als Qu, Orthoklas als Orth, Plagioklas als Plag, Hornblende als Ho, Augit als Aug, Glimmer als Gl, Nephelin als Neph, Leucit als Leu, Olivin als Ol abgekürzt.

Besonders zu bemerken ist, dass in den angeführten Gesteinen neben den wesentlichen Gemengtheilen stets auch noch accessorische vorhanden sind, dass ferner ganz allgemein Uebergänge zwischen den einzelnen Gesteinstypen vorkommen, die z. Th. besondere Namen tragen.

B. Sedimentär- oder geschichtete Gesteine.

Dieselben sind dadurch charakterisirt, dass sie in Folge ihrer successiven Entstehung (Sedimentation, resp. Ausscheidung) eine lagenförmige, sogen. geschichtete Structur besitzen. Eine Eintheilung in grössere scharf geschiedene Gruppen ist hier nicht durchzuführen, da die einzelnen unterscheidbaren Gesteine derartig durch Uebergänge mit einander verbunden sind, dass sie mehr noch wie die Massengesteine eine continuirliche Reihe bilden. Am einfachsten erweist sich die Gruppirung nach genetischen Gesichtspunkten.

1. Mechanische Sedimente (Klastische Gesteine).

Diese Gruppe umfasst alle Gesteine, die aus der Zertrümmerung und darauf folgender Sedimentirung und Anhäufung in irgend welchem Medium (Meerwasser, Flusswasser, Luft), vielfach unter Beihülfe von Organismen hervorgegangen sind. Dahin: Sandsteine, Grauwacken, Kalksteine, Thon- und Kieselschiefer etc.

2. Chemische Sedimente.

Das sind Gesteine, die sich schichtenartig aus irgend welchen Lösungen ausgeschieden haben, wie Steinsalz, Gyps etc.

C. Krystalline Schiefer.

Diesen Gesteinen kommt im Grunde genommen keine Selbstständigkeit neben den Erstarrungs- und Sedimentärgesteinen zu, sondern sie sind diesen beiden Gruppen einzureihen. Ihre gesonderte Betrachtung verdanken sie nur dem Umstande, dass es bisher mit Sicherheit nicht gelungen ist, sichere Kriterien für die Zurechnung zu der einen oder anderen Gruppe aufzufinden. Mit einer mineralogischen Zusammensetzung, die vielfach derjenigen der Eruptivgesteine entspricht, verbinden sie eine Structur, welche an die der Schichtgesteine erinnert. Nach ihrem Vorkommen sind sie die charakteristischen Gesteine der ältesten geologischen Formation. In den holokrystallinen Aufbau treten einzelne Mineralien, wie Staurolith, Cyanit, Sillimanit, Chlorit etc., die nur als secundäre, sogen. metamorphische Mineralien bekannt sind, und welche im Verein mit dem geologischen Charakter dieser Gesteine dieselben insgesammt als metamorphosirt erscheinen lassen.

Hierher gehören Gneiss (Qu + Orth + Gl), Glimmerschiefer (Qu + Gl), Granulit (Qu + Orth), Hornblende-, Augit- und Chloritschiefer, Phyllit etc.

II. Besondere Lagerstätten.

Diese Abtheilung begreift alle diejenigen selbstständigen Mineralanhäufungen, die theils durch das Uebereinkommen, theils in Ermangelung

bezeichnender Eigenschaften nicht zu den Gesteinen gezählt werden können. Von einem strengen System dieser Lagerstätten mag abgesehen werden und nur einige, besonders charakteristische Formen mögen hier aufgezählt sein.

1. Hohlraumausfüllungen (Füllungen).

Durch irgend welche geologische Agentien (Contraction, Spaltenbildung als Folge tektonischer Vorgänge, Auswaschung) entstandene Hohlräume sind nachträglich mit Mineralien ausgefüllt. Solche Füllungen auf Gangspalten bilden die Mineralgänge, unter denen jene, an welchen Erze einen beträchtlichen Antheil nehmen, als Erzgänge eine erhöhte Bedeutung erlangen.

2. Metamorphische Lagerstätten.

Lagerstätten, deren mineralogische Zusammensetzung am Platze ihrer Ablagerung noch eine wesentliche Veränderung durch besondere chemische Umwandlungsprocesse, nicht bloss durch Verwitterung, erfahren hat, heissen metamorphische. Vielfach sind dieselben durch charakteristische Mineralien, d. h. solche, die überhaupt oder in ihrer besonderen Ausbildung nur auf solchen Lagerstätten vorkommen, sowie durch besonderen Habitus ausgezeichnet.

Ist die mineralogische Umänderung durch hydrochemische Processe erfolgt, so heisst die Lagerstätte eine metasomatische; so sind viele dolomitisirten Kalksteine, ebenso die in Galmei oder in Spatheisenstein umgewandelten Kalksteine hierhergehörige Beispiele.

Sehr viele Erzlagerstätten gehören dieser Kategorie an, namentlich die Roth-, Braun- und Spatheisensteinlager, ferner sind die oxydischen Zinkerze auf ein derartiges Vorkommen beschränkt.

Hat sich dagegen die Umwandlung einer Lagerstätte am unmittelbaren Contact mit einem Eruptivgestein vollzogen, so heisst dieselbe eine Contactlagerstätte. Wieweit hier pyrochemische Umwandlungsprocesse mit hydrochemischen parallel liefen, ist noch nicht genügend aufgeklärt. Die Contactlagerstätten liefern dem Mineralogen eine Reihe der schönsten und oft sehr charakteristischen Mineralien, wie Granat, Vesuvian, Wollastonit etc. (vergl. V. Abschnitt unter Contactmineralien).

3. Imprägnationen.

Dieselben kommen vor bei massigen und noch mehr bei geschichteten Lagerstätten und lassen demgemäss noch eine weitere Gliederung zu. Die betreffenden Mineralien finden sich in dem umgebenden, an Masse weit vorherrschenden Gestein in Form einzelner Partikeln oder kleinerer Partien innig eingemengt, sozusagen in dasselbe eingesprengt.

Wenn derartige Imprägnationen aus sulfidischen Eisen- und Kupfermineralien innerhalb krystallinischer Schiefer bestehen, so werden dieselben Fahlbänder genannt. Gewöhnliche Beispiele von Imprägnationen sind die Fahlbänder z. B. von Kongsberg, die Goldquarzlager, die Kupferschiefer des Mansfeldischen, die Knottenerze von Commern etc.

Vom praktischen Gesichtspunkt werden die besonderen Lagerstätten auch wohl nach ihrem nutzbringenden Bestandtheil eingetheilt und bilden als Gold-, Silber-, Kupfer-, Eisen-, Edelstein-Lagerstätten den Gegenstand einer besonderen wissenschaftlichen Disciplin.

V. Abschnitt.

Entwicklungslehre der Mineralien.

Literatur. O. VOLGER, Studien zur Entwicklungsgeschichte der Mineralien. Zürich 1854. — G. BISCHOF, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie. 2. Aufl. Bonn 1863—1886 — J. ROTH, Allgemeine und chemische Geologie. (Erster Band: Bildung und Umbildung der Mineralien etc.) Berlin 1879. — v. GRODDECK, Die Lehre von den Lagerstätten der Erze. (Vierter Abschnitt: Theorie der Genesis der Erzlagerstätten.) Leipzig 1879. — C. DOELTER, Allgemeine chemische Mineralogie. Leipzig 1890. — BRAUNS, Chemische Mineralogie. Leipzig 1896.

Auf den ersten Blick erscheinen die Mineralien als etwas von der Natur Gegebenes, Starres, welche den Zustand, in dem sie uns entgegentreten, von vorn herein besassen und in demselben auch verharren, allein beim näheren Zusehen erfährt man bald, dass die Mineralien einen Entwicklungsgang zurückzulegen haben, der in manchen Punkten Aehnlichkeit mit dem Kreislauf der organischen Welt hat. Diese Entwicklung, d. h. die Bildung, Veränderung und Umwandlung der Mineralien soll im vorliegenden Abschnitt besprochen werden, der somit gewissermassen die Lebensvorgänge der Mineralien schildert.

Um äusserlich eine gewisse Analogie zwischen organischen Körpern und Mineralien hervortreten zu lassen, kann man die Materie dieses Abschnittes in 2 Capitel bringen, von denen das eine die Entstehung, das andere die Veränderung und Umwandlung bezw. Zerstörung und Auflösung behandelt. Dabei ist aber zu bemerken, dass beide Vorgänge sich nicht ausschliessen, dass vielmehr auch der Vorgang der Zerstörung stets von Neubildungen begleitet ist. Es wird demnach der Gegenstand des einen Capitels gelegentlich in den des anderen hinübergreifen müssen.

Capitel I.

Bildung der Mineralien.

§ 1. Anhaltspunkte für die Beurtheilung der Bildung der Mineralien. I. Künstliche Nachbildung. II. Jugendliche Mineralbildungen. III. Geologisches Vorkommen. § 2. Die Bildung der Mineralien in der Natur. I. Bildung aus dem gasförmigen Zustand, II. aus Lösungen, III. aus dem Schmelzflusse.

Für die verschiedenen Mineralien kommen verschiedene Bildungsprocesse in Betracht, ja ein und dasselbe Mineral kann auf verschiedene Weise entstehen.

Die Bildungsart des Steinsalzes auf den Salzlagerstätten ist eine andere als die des Feldspaths in den Eruptivgesteinen. — Der Schwefelkies kann sich sowohl aus Lösungen wie aus dem feurigen Fluss abscheiden. Für den Orthoklas (und ebenso für manche andere Mineralien) lassen sich sogar drei Bildungsmodalitäten nachweisen: aus dem Schmelzfluss in den Eruptivgesteinen, aus Lösung in den Conglomeraten von Euba und als Sublimationsproduct aus den Hohöfen von Sangerhausen.

§ 1. Da uns die Mineralien durchweg als etwas Fertiges entgegentreten, deren einzelne Entwicklungsstadien wir bei der Länge der dazu benöthigten Zeit nicht näher verfolgen können, da ferner ein Mineral auf verschiedenem Wege entstehen kann, so bedarf es zur Feststellung der Bildungsprocesse der Mineralien im Allgemeinen und des speciellen Bildungsganges eines bestimmten Minerales der Heranziehung anderweitiger Beobachtungen und der Discussion von Begleiterscheinungen. Namentlich sind es die im Laboratorium, in den Hüttenwerken und Fabriken absichtlich erzeugten oder zufällig entstandenen künstlichen Mineralien, dann jugendliche, gewissermaassen unter unseren Augen entstandene Mineralbildungen, welche im Verein mit der Berücksichtigung des geologischen Vorkommens, der paragenetischen Verhältnisse, der Pseudomorphosen etc. einen mehr oder minder sicheren Schluss auf die Entstehungsart von Mineralien gestatten. Daher erheischen derartige Bildungsvorgänge noch eine zuvorige Besprechung.

I. Künstliche Nachbildung (Synthese) der Mineralien.

Literatur. K. C. v. Leonhard, Hüttenerzeugnisse und auf künstlichem Wege gebildete Mineralien etc. 1858. — Gurlt, Uebersicht der pyrogeneten künstlichen Mineralien. Freiberg 1857. — C. W. C. Fuchs, Die künstlich dargestellten Mineralien. Preisschrift. Haarlem 1870. — Daubrée, Etudes synthétiques de Géologie expérimentale. Paris 1879. — Fouqué et Michel-Lévy, Synthèse des minéraux et des roches. Paris 1881. — L. Bourgeois, Reproduction artificielle des minéraux. Paris 1884. — I. H. L. Vogt, Studier over slagger. Stockholm 1884.

Die verschiedenen Bildungsprocesse künstlicher Mineralien, welche durch Zufall in Hüttenwerken und Fabriken oder durch das zielbewusste Experiment im Laboratorium hervorgebracht sind, sind im Nachfolgenden übersichtlich zusammengestellt und durch einige Beispiele belegt. Es sind 3 Hauptwege der Entstehung möglich.

a) Directe Bildung in Folge einfacher Ausscheidung, Auskrystallisation etc., d. h. Bildung aus einem Material, das bereits den chemischen Bestand des Minerals unmittelbar enthält.

b) Indirecte Bildung in Folge chemischer Wechselwirkung.

c) Bildung in Folge elektrolytischer Abscheidung.

Im Speciellen sind aber folgende Bildungsprocesse aufzuführen, wobei noch bemerkt werden mag, dass in jedem Falle die Bildung eines Minerales durch besondere physikalische Umstände (Druck, erhöhte oder erniedrigte Temperatur, Umhüllung mit einem Medium etc.) begünstigt werden kann.

a) Directe Bildung.

1. Abscheidung aus dem gasförmigen Zustand (Sublimation).

Durch Sublimation werden leicht Schwefel, Arsen, Realgar und Auripigment, ferner auch Zinnober im krystallisirten Zustand erhalten. Im Hohofen wird die

amorphe Verbindung PbS sublimirt und liefert schön krystallisirte skeletartige Bleiglanzkrystalle. Beim Ueberleiten von Wasserstoff über stark erhitztes ZnS in einer Porzellanröhre sublimirten nach den Versuchen von St. Claire-Deville und Troost Wurtzitkrystalle.

2. Auskrystallisation aus dem flüssigen Zustand nach Entfernung des Lösungsmittels (Wasser, CO_2-haltiges Wasser etc.).

Aus wässrigen Lösungen krystallisiren leicht Steinsalz, Sylvin, verschiedene Sulfate etc. aus. — Heisses Wasser lässt beim Erkalten gelöste arsenige Säure und Borsäure als Arsenblüthe bezw. Tinkal abscheiden. — Kohlensäurehaltiges Wasser liefert beim Entweichen der Kohlensäure Calcit bezw. Aragonit. Rhombischer Schwefel kann aus einer Lösung in Schwefelkohlenstoff erhalten werden. — In überhitztem Wasser bei hohem Druck (in zugeschmolzenen Glasröhren) lösen sich manche Silicate, z. B. Zeolithe, die sich beim Erkalten wieder ausscheiden.

3. Erstarrung aus dem Schmelzfluss.

Alle schmelzbaren Metalle lassen sich aus dem Schmelzfluss krystallin erhalten. — Geschmolzener Schwefel liefert beim Erstarren monokline Krystalle. — Aus den Hohöfenschlacken krystallisiren oft Olivin, Augit, Wollastonit, Hornblende, Glimmer, aus geschmolzenem Roheisen Graphit in Blättchen aus. — Im richtigen Verhältniss zusammengeschmolzene Gemenge erzeugten nach den Versuchen von Fouqué und Michel-Lévy beim Erkalten die verschiedensten Silicate wie Feldspath, Leucit, Nephelin, Granat, Augit. Mitscherlich erhielt in gleicher Weise durch Zusammenschmelzen von 2 Cu und 1 S Kupferglanz, allerdings in der heteromorphen regulären Modification.

Die von der Löthrohruntersuchung her bekannten, Metalloxyde beim Schmelzen auflösenden Substanzen wie Borax, Phosphorsalz, Soda, Pottasche lassen beim Erstarren manche der aufgelösten Oxyde wieder ausscheiden. So erhielt Rose aus dem Phosphorsalz Tridymit, Anatas, Eisenglanz; Ebelmen erzeugte Krystalle von Korund und Spinell. Analog lassen sich auch Apatit, Calcit, Witherit, Strontianit erhalten.

4. Molekulare Umlagerung im festen Zustand.

Amorphe Massen von Schwefel, arseniger Säure, Eisen werden mit der Zeit von selbst krystallin. Quarz lässt sich durch Erhitzen in Tridymit, Diamant in Graphit umwandeln. Hierher gehört auch die Erscheinung, dass Granat, Vesuvian und andere Silicate durch Glühen eine Umwandlung (nach Doelter und Hussak in Mejonit, Melilith, Anorthit, Kalk-Olivin und Kalk-Nephelin, ausserdem noch in Eisenglanz und Spinell) erfahren. — Kalkcarbonat wird unter Wasserbedeckung allmählich krystallin; Mn_3O_4 wandelt sich nach Deville und Troost durch einen in der Hitze übergeleiteten Wasserstoffstrom in Hausmannit, SnO_2 durch einen HCl-Strom in Zinnstein um.

b) Chemische Wechselwirkung.

5. Reaction von Gasen auf einander.

Flüchtige Metallchloride und Fluoride werden durch Wasserdampf und Schwefelkohlenstoff bei hoher Temperatur zersetzt und liefern neben ClH und FlH Oxyde bezw. Sulfide. In solcher Weise können Eisenglanz, Zinnstein, Rutil, Korund, Zinkblende, Greenockit, Antimonglanz, Wismuthglanz erzeugt werden.

Durch die zersetzende Beihülfe von Wasserdampf lassen sich aus Eisenfluorid Magnetit, aus einem Gemenge von Aluminium- und Zinkfluorid Gahnit herstellen.

6. Reaction von Gasen auf Flüssigkeiten resp. Lösungen.

Durch Schwefelwasserstoff werden aus vielen metallhaltigen Lösungen sulfidische Niederschläge erzeugt, die in ihrer Zusammensetzung mit geschwefelten Erzen über-

einstimmen, und die auch bei genügender Verlangsamung des Fällungsprocesses oder unter besonderen Umständen (vergl. sub 8) oft krystallin erhalten werden können. In gleicher Weise werden durch Einleiten von Kohlensäure unlösliche oder schwer lösliche Carbonate gewonnen.

7. Reaction von Gasen auf feste Körper.

Glühende Dämpfe von Chlorsilicium liefern Quarz in Berührung mit Thonerde, Kalk, Magnesia; daneben bilden sich Chlorverbindungen. DAUBRÉE erhielt Spinell bei Berührung von Chloraluminium mit Magnesia in der Gluthhitze.

8. Reaction von Lösungen auf einander. (Fällung, Reduction, Oxydation.)

Zwei lösliche Verbindungen, aus deren gegenseitiger Einwirkung ein unlöslicher oder schwer löslicher Niederschlag entsteht, liefern, wenn die Reaction schnell erfolgt, durchweg amorphe Niederschläge. Sie werden krystallin, wenn die Bildung des Niederschlags ganz allmählich vor sich geht (etwa durch Diffusion oder dadurch, dass die eine Flüssigkeit durch einen sehr langsam wirkenden Heber, z. B. einen Wollenfaden, zugeführt wird). So ist Schwerspath durch Einwirkung von $FeSO_4$ und BaN_2O_5, Anglesit aus $FeSO_4$ und PbN_2O_5, analog Roth- und Weissbleierz erhalten worden.

Auch Druck und hohe Temperatur begünstigen die Bildung krystalliner Niederschläge, so Spatheisen aus $FeSO_4$ und Na_2CO_3, Malachit aus Kupfervitriol und Natriumbicarbonat bei 150°, Kupferkies aus Chlorkupfer und Chloreisen in Schwefelkalium bei 250°.

Durch die reducirende Wirkung, welche Lösungen von Eisenvitriol, organischen Stoffen etc. hervorbringen, werden Sulfate zu Sulfiden reducirt und nicht selten in deutlichen Krystallen erhalten, so z. B. Schwefelkies, Zinkblende, Kupferglanz. Gold, Silber, Kupfer werden aus ihren Lösungen leicht zu Metall reducirt und abgeschieden, z. B. durch Oxalsäure.

9. Reaction von Lösungen auf feste Körper.

Gyps in einer verdünnten Lösung von Natriumbicarbonat liefert Calcit, eine Eisenplatte in Berührung mit Ammoniakphosphat lässt Vivianit entstehen. Kupfervitriol bei einer Temperatur von 180—190° in zugeschmolzener Glasröhre auf Marmorstücke einwirkend, ergab Lasur, ebenso entstand Lasur, als Kupfernitrat auf Kreide bei 7 Atmosphären Druck, aber ohne Temperaturerhöhung einwirkte.

10. Reaction von Schmelzflüssen auf einander.

Nach den Versuchen von MANROSS bildet sich beim Zusammenschmelzen von Kaliumsulfat und Baryumchlorid Schwerspath, analog Cölestin, Anglesit, Scheelit (aus wolframsaurem Natrium und Chlorcalcium) und Gelbbleierz. — Eisenvitriol zusammengeschmolzen mit Eisenphosphat liefert nach DEBRAY Magnetit, ebenso entsteht nach KUHLMANN Magnetit aus zusammengeschmolzenem Eisenvitriol und Chlorcalcium.

11. Reaction fester Körper auf einander.

Auch im festen Zustand wirken Körper auf einander ein, wenn zugleich genügender Druck angewendet wird. So gelang es SPRING Kupferglanz zu erzeugen, indem er Kupferfeilspäne und Schwefelblumen einem Druck von 5000 Atmosphären aussetzte.

12. Elektrolytische Abscheidung.

Schliesslich lassen sich auch noch, wie bekannt, eine Reihe von Metallen durch Elektrolyse aus ihren Lösungen abscheiden, wobei häufig schöne Krystalle hervorgehen.

II. Jugendliche Mineralbildungen.

Mineralien, die unter unseren Augen entstehen und demnach ihren Bildungsprocess deutlich verfolgen lassen, können nicht minder wie die künstlichen Nachbildungen zur Beurtheilung des Entstehungsprocesses derselben Mineralien an anderen Fundpunkten verwendet werden.

Charakteristische Beispiele solcher jugendlichen Mineralbildungen sind die durch Sublimation in noch heute thätigen Vulkanen entstandenen Mineralien, wie Eisenglanz, Tenorit, Sanidin, Augit, Glimmer, Granat etc.

Ferner gehören hierher Kieselsinter- und Kalktuffausscheidungen aus Thermen und Quellen und namentlich die interessanten, von Daubrée näher untersuchten Neubildungen in alten römischen Quellleitungen von Plombières und Bourbonne-les-Bains. An ersterem Ort hatten sich an dem Mauerwerk, in welches die 73° heisse Quelle gefasst war, krystalline Ueberzüge gebildet, die aus Zeolithen, wie Apophyllit, Chabasit, Gismondin, Mesotyp, Plombierit, ferner Opal, Aragonit, Kalkspath und Flussspath bestanden. Bei Bourbonne-les-Bains fanden sich römische Münzen und andere metallene Gegenstände, welche in einem von einer 60° heissen, Chloride und Sulfate des Kalks und der Magnesia enthaltenden Quelle durchzogenen Boden lagen, mit z. Th. schön krystallisirten Mineralien bedeckt, wie Kupferglanz, Kupferkies, Kupferindig, Buntkupferkies, Fahlerz, Bleiglanz, Eisenkies, Bleivitriol, Bleihornerz, Brauneisenerz. Auch hier hatten sich in den Höhlungen des Mörtels verschiedene Zeolithe angesiedelt.

Des Weiteren lassen die Neubildungen von Zinkspath, Zinkblüthe, Schalenblende, Bleiglanz, Weissbleierz, Vivianit und verschiedene andere, die die Knochen noch lebender Thiere oder Grubenhölzer überkrusten, keinen Zweifel über die Art der Entstehung.

Gediegen Kupfer ist verschiedentlich in Gruben gefunden worden, wo es durch die Zersetzung von Kupferkies und Reduction des Sulfates durch organische Substanz (Grubenhölzer) oder durch elektrolytische Abscheidung (eisernes Gezähe der Bergleute, wie im Rammelsberg bei Goslar) hervorgegangen ist.

Ebenso gehören hierher die aus dem Schmelzfluss recenter Laven sich ausscheidenden Mineralien, von denen die Silicate, namentlich aber der Quarz (Laven des Antisana und Guamani), ferner Kupferkies (Capo di Bove), Magneteisen und Magnetkies besonders hervorgehoben werden mögen.

III. Geologisches Vorkommen.

Nicht weniger geeignet erweist sich das geologische Vorkommen zu einem Schluss auf die Entstehung. Die primären Gemengtheile der Eruptivgesteine, die Mineralausscheidungen innerhalb typischer Sedimentärgesteine, viele Ausfüllungsmineralien innerhalb der Hohlräume von Basalten und Melaphyren lassen nur eine Deutung zu. Bezeichnend für die Entstehung ist auch das Vorkommen von Mineralien als Versteinerungsmittel. Letztere können sich nur auf wässrigem Wege gebildet haben, wenn auch in jedem einzelnen Fall der Vorgang, je nachdem directe Ausscheidung oder Reduction eines löslichen Salzes vorliegt, die Deutung noch abändern kann.

Auch die Beachtung der Paragenesis kann ein Licht auf die Entstehung werfen. Mineralien, die paragenetisch mit aus wässriger Lösung abgeschiedenen oder wasserhaltigen Mineralien verknüpft sind, können selbst nur neptunischen Ursprunges sein.

In den Melaphyren der Lake Superior findet sich auf Hohlräumen gediegen Silber neben gediegenem Kupfer. Dieselben können nur aus wässriger Lösung niedergeschlagen sein, denn im Schmelzfluss würde Legirung stattgefunden haben. — Die Schwerspathtafeln werden zuweilen von Antimonitnadeln durchspiesst. Da der Antimonit sehr leicht schmelzbar ist, so kann das Vorkommen nur als Auskrystallisation aus Lösung gedeutet werden.

§ 2. Bildung der Mineralien in der Natur. — Auf Grund der durch die vorhergehende Ausführung gewonnenen Einsicht sind wir nun im Stande für die meisten Mineralien und auch für solche, die unseren Experimenten sonst unzugänglich sind, die Entstehungsvorgänge aufzudecken. Die Uebersicht der verschiedenen Bildungsprocesse gestaltet sich am einfachsten, wenn man dabei den Aggregatzustand, bei dem die Mineralbildung stattfand, als Ausgang nimmt. Es mag aber auch hier gleich hervorgehoben sein, dass in jedem einzelnen Fall Druck und erhöhte Temperatur eine die Mineralbildung modificirende oder begünstigende Rolle gespielt haben.

I. Bildung aus dem gasförmigen Zustand.

(Sublimirte Mineralien.)

Es kommen hier fast ausschliesslich solche Mineralien in Betracht, die sich bei vulkanischen Phänomenen, d. h. bei Eruptionen und bei Solfatarenthätigkeit gebildet haben; ganz untergeordnet sind die spärlichen Vorkommnisse, die sich gelegentlich bei Erdbränden bilden.

Die durch vulkanische Thätigkeit entstandenen Mineralien sind dreierlei Art:

1. sie sind direct sublimirt;

2. sie sind aus der gegenseitigen Zerlegung vulkanischer Dämpfe und Gase gebildet;

3. sie sind hervorgegangen aus der chemischen Zersetzung fester Gesteine in Folge Einwirkung vulkanischer Gase und Dämpfe.

Nur die beiden ersten Gruppen können als direct bezw. indirect sublimirte Mineralien gelten. Die dritte Gruppe umfasst bereits Mineralien, die zu den Umwandlungsproducten gestellt werden müssen und deren Besprechung besser eine Stelle im folgenden Capitel findet.

ad 1. Direct sublimirte Mineralien sind namentlich Chloride, vor allem Chlornatrium, Chlorkalium, Chlorammonium, daneben untergeordnet und zumeist sehr bald wieder zerstört die Chloride des Calciums, Magnesiums, Aluminiums, des Bleis, Kupfers, Nickels und Zinns. — Weiter gehören hierher Schwefel, Realgar, Auripigment, dann auch Sassolin.

ad 2. Mannichfacher sind die indirect sublimirten Mineralien (pneumatolytische Mineralien). Durch die Zersetzung flüchtiger Chloride mit Wasserdampf bilden sich wasserfreie Oxyde, vor allen Dingen Eisenglanz ($Fe_2Cl_6 + 3H_2O = Fe_2O_3 + 6HCl$), Magnetit, Magnesioferrit, Tenorit, Cuprit, Spinell, Periklas. — Aus Fluor- und Chlorsilicium geht Quarz und Tridymit hervor, aus NaCl entsteht zunächst NaHO, das durch Aufnahme von CO_2 in Natriumcarbonat übergeht.

Besonders interessant ist das Vorkommen einer ganzen Anzahl von Silicaten, deren Bildung bei mancher Art ihres Vorkommens nur aus dem Zusammentreffen von Fluor- oder Chlorsiliciumverbindungen mit Wasserdampf erklärt werden kann. Dahin gehören Sanidin, Anorthit, Leucit, Augit, Hypersthen, Hornblende, Glimmer, Sodalith, Granat, Zirkon, Sphen, fraglich Idokras und Wollastonit.

Auch das Vorkommen von Sulfiden kann nicht verwundern, da Chlorverbindungen mit SH_2 sich zu Sulfiden umsetzen. — Ferner ist die Borsäure für diese Bildungsmodalität in Betracht zu ziehen.

II. Bildung aus Lösungen.

(Hydatogene oder neptunische Mineralien.

Mineralische Lösungen werden geliefert durch kalte und warme Quellen, durch Süss- und Salzwasser. Die Mineralbildung selbst kann bewirkt werden:

1. durch directe Ausscheidung;
2. durch Ausscheidung in Folge von Oxydations- und Reductionsvorgängen;
3. in Folge chemischer Umsetzung;
4. in Folge elektrolytischer Zersetzung;
5. durch Vermittlung von Organismen.

ad 1. Die Stoffe sind schon als solche in der Lösung vorhanden und scheiden sich durch Entfernung des Lösungsmittels (Verdampfen) oder durch Temperaturänderung aus. Aus reiner wässriger Lösung schlagen sich so eine grosse Reihe von Mineralien, namentlich Carbonate, Sulfate, Hydrate, Chloride nieder.

Häufiger ist die directe Abscheidung aus kohlensäurehaltigem Wasser in Folge des Verflüchtigens der Kohlensäure resp. der Entziehung derselben durch die Vegetation. Beispiele liefern Calcit, Aragonit, Dolomit, Spatheisen, ferner Thermonatrit, Hydromagnesit, Zinkblüthe, Malachit und Lasur. Dasselbe gilt von Gyps, Schwerspath, Cölestin, Flussspath, vielen Oxyden und allen Oxydhydraten.

Da viele Schwefelverbindungen löslich in Alkalien und alkalischen Erden sind, so können sie aus solchen Lösungen nach Entziehung des

Lösungsmittels wieder ausgefällt werden. — Bemerkenswerth ist es, dass Rothgültig bei höherem Druck in Schwefelbaryum löslich ist.

ad 2. Durch Oxydation wird der in kohlensäurehaltigem Wasser lösliche Eisenspath als Eisenoxydhydrat (Brauneisen) ausgeschieden. Die Substanz des Manganspaths fällt aus gleicher Lösung, wenn Oxydation eintritt, als Manganoxydul und Manganoxydhydrat.

Reduction, veranlasst durch organische Substanzen, Kohlenwasserstoffe, bewirkt die Abscheidung von Schwefel aus Schwefelwasserstoff (sicilianischer Schwefel) und aus Sulfaten, z. B. auf Gypslagerstätten. Viele Metallsulfate werden zu Sulfiden, was namentlich für die Theorie der Erzgänge von Wichtigkeit ist, seltener zu Metallen reducirt.

ad 3. In Folge chemischer Umsetzung können Lösungen zweier an sich löslicher Substanzen bei ihrem Zusammentreffen Niederschläge ergeben, z. B. gewisse Chloride und Sulfate ($BaCl_2 + Na_2SO_4 = BaSO_4 + 2 NaCl$), ferner lösliche Schwefelalkalien mit löslichen Metallsalzen ($Na_2S + ZnSO_4 = ZnS + Na_2SO_4$). Wie die gewählten Beispiele lehren, finden solche mit Umsetzung verbundenen Neubildungen grundsätzlich statt, wenn aus den auf einander stossenden Solutionen eine unlösliche Mineralsubstanz hervorgehen kann.

Entsprechend vermögen auch feste Mineralmassen, am häufigsten Kalksteine, Lösungen auszufällen und Mineralsätze hervorzubringen. Hierhergehörige Bildungen werden aber besser bei den Umwandlungsvorgängen besprochen (s. Metasomatische Umwandlung, S. 262).

ad 4. Der elektrische Strom zersetzt Metallsalze und scheidet gediegene Metalle ab. In dieser Weise dürften viele in gediegenem Zustande vorkommende Metalle entstanden sein, so die krystallisirten, blechförmigen und dendritischen Vorkommnisse von Gold, Silber, Kupfer, ferner Quecksilber, Arsen, Antimon, Wismuth.

Vielleicht verdanken auch die Kupferkiesüberzüge auf Fahlerzen von Clausthal, Liskeard etc. einem analogen Vorgang ihre Entstehung.

ad 5. Abgesehen von der durch organische Substanz vermittelten Mineralbildung, wie sie sich z. B. in der lösenden Wirkung organischer Säuren, Quellsäure, Quellsatzsäure, Ulmin-, Huminsäure, auch durch die Kohlensäure äussert, wirkt nun auch der Lebensprocess selbst mineralbildend. Pflanzen und Thiere entziehen zum Aufbau ihres Gerüstes dem Boden und dem Wasser kohlensauren und phosphorsauren Kalk, Kieselsäure etc. Nach dem Absterben häufen sich diese anorganischen Substanzen an und geben nicht selten Veranlassung zu wohl auskrystallisirten Mineralvorkommnissen.

III. Bildung aus dem schmelzflüssigen Zustand durch Erstarren.
(Pyrogene oder plutonische Mineralien.)

Aus dem Schmelzfluss können eine ganze Anzahl von Mineralien krystallisiren und alle in den Eruptivgesteinen als primäre Gemengtheile vorkommenden Mineralien liefern für diese Entstehungsart die geeigneten Beispiele. Quarz, Orthoklas, die Plagioklase, Augite, Hornblenden und Glimmer, Leucit, Nephelin, Sodalith, Granat, Titanit, Zirkon, Apatit, Magnetit, Pyrit, Magnetkies etc. —

Von ganz besonderer Bedeutung wird die Frage nach der Bildungsart der Mineralien für die Theorie der Erzlagerstätten, namentlich der Erzgänge. Die Fragen können hier immer nur von Fall zu Fall, nicht allgemein beantwortet werden, da ja ein und dasselbe Mineral auf sehr verschiedene Weise entstehen kann. In den weitaus meisten Fällen handelt es sich auf den Gängen um Abscheidung aus Lösungen, wieweit hierbei aber die einzelnen, sub II unterschiedenen Modalitäten wirksam gewesen sind, musste stets Sache eingehender Untersuchung bleiben. Eine besondere Schwierigkeit erwächst noch aus der unmittelbar damit verknüpften Frage, wo die auf den Gängen abgeschiedenen Mineralien resp. Substanzen ihren ursprünglichen Sitz gehabt haben, ob sie etwa aus der Tiefe durch aufsteigende Quellen emporgeführt (Ascensionstheorie), aus der Zerstörung auflagernder Gesteine stammen (Descensionstheorie) oder durch Auslaugung des Nebengesteins seitlich herbeigeführt (Lateralsecretionstheorie) sind.

Capitel II.

§ 1. Umbildung der Mineralien. I. Umwandlung durch hydrochemische Processe, II. durch pyrochemische Processe, III. Veränderung durch das Licht, IV. Veränderungen durch Druck. § 2. Pseudomorphosen. § 3. Contactmineralien.

§ 1. Auf jedes Mineral wirken unmittelbar nach seiner Entstehung äussere Einflüsse zerstörend ein, die dasselbe in seinem chemischen Bestande und seiner physikalischen Beschaffenheit verändern. Der Zutritt der zerstörenden Agentien wird ermöglicht durch Haarspalten, schaligen Bau, Diffusion etc., wobei naturgemäss der Angriff gewöhnlich von aussen, viel seltener vom Innern her erfolgt.

Solange ein Mineral von zerstörenden Einflüssen noch unberührt geblieben ist, heisst es frisch, im anderen Fall verwittert, wenn die Umwandlung durch die Thätigkeit der Atmosphärilien, des Wassers und chemischer Lösungen (hydrochemische Umwandlungsprocesse), oder zersetzt, wenn sie durch die Einwirkung von vulkanischen Agentien, Hitze, Dämpfen und Gasen (pyrochemische Umwandlungsprocesse) bewirkt wurde. Doch zieht der gewöhnliche Sprachgebrauch im Allgemeinen keine scharfe Grenze zwischen den Ausdrücken zersetzt und verwittert.

Weiterhin können in einzelnen Fällen auch noch andere Agentien, wie erhöhte Temperatur und erhöhter Druck, das Licht u. a. eine Umwandlung veranlassen.

Durch den Eingriff äusserer Agentien in den chemischen Bestand und die physikalische Beschaffenheit eines Minerals wird selten eine Zerstörung in dem Sinne hervorgebracht, dass eine Auflösung in die elementaren Bestandtheile oder auch nur in die einfachsten chemischen Verbindungen erfolgt, vielmehr geben die Zerstörungsproducte unmittelbar wieder Veranlassung zu Neubildungen, oft von complicirterer Zusammensetzung als sie das Ausgangsmineral besass. Aus diesem Grunde kann man auch weniger von einer Zerstörung eines Minerals als von einer Umwandlung oder Umbildung reden.

Alle neugebildeten Mineralien werden im Gegensatz zu dem primären Ausgangsmineral als secundäre Mineralien unterschieden.

Der Olivin ist ein primärer Gemengtheil des Gabbros; der aus ihm hervorgegangene Serpentin ist ein secundäres Mineral.

Der Gang der Umwandlung ist bei verschiedenen Mineralien und selbst bei einem und demselben Mineral je nach den Umständen verschieden; im letzteren Fall kann daher ein Mineral verschiedene secundäre liefern. Andererseits führen auch verschiedene Mineralien, wenn sie im Allgemeinen in ihrer qualitativen Zusammensetzung übereinstimmen, zu denselben Umbildungsproducten.

Die mannichfachen Umwandlungsvorgänge sollen nun einzeln besprochen werden.

I. Umwandlung durch hydrochemische Processe.
(Verwitterung und Metasomatose.)

Wenn auf ein Mineral nur die unmittelbar von den Atmosphärilien gelieferten Agentien, also O, CO_2, reines und kohlensaures Wasser einwirken, so wird dieser Vorgang nach J. Roth einfache Verwitterung genannt. Kohlensaures Wasser, das in der Hauptsache beim Durchsickern eines mit organischen Verwesungsstoffen erfüllten Bodens entsteht, ist ein ausgezeichnetes Lösungsmittel, dem nur wenige Mineralien (Edelmetalle, Diamant, Graphit, Schwefel) auf die Dauer zu widerstehen vermögen.

Im Gegensatz zu dieser einfachen Verwitterung bezeichnen wir mit J. Roth jene Vorgänge als complicirte Verwitterung, bei welchen als Agens eine mit mineralischen Stoffen beschwerte Lösung wirkt. Dieselbe entsteht bei der Lösung und Auslaugung von Mineralien, insbesondere der Carbonate, Sulfate, Silicate und Chloride; ihre Wirkung wird natürlich eine energischere sein.

1. Vollständige Auflösung und Wegführung.

Diesem Processe unterliegen schon bei der einfachen Verwitterung sehr viele Mineralien, namentlich die Chloride, Sulfate, Carbonate etc., aber auch viele Mineralien, die im gewöhnlichen Leben für unlöslich gelten, als Apatit, Schwerspath, Quarz, ferner die nach Oxydation des Schwefels aus den Sulfiden hervorgegangenen Sulfate, unter Umständen auch Fe_2O_3 (Hämatit) und Fe_3O_4 (Magnetit). Die thonerdefreien Silicate werden durch lang andauernde Einwirkung kohlensauren Wassers allmählich vollständig in Lösung gebracht. Zur Würdigung des Lösungsvorganges sei die folgende Tabelle mitgetheilt (vergl. auch S. 227).

In 10000 Theilen Wasser sind löslich:

$CaCO_3$	0,2—0,36	Theile	
„	9—12	„	(in CO_2-haltigem Wasser)
$MgCO_3$	13—14	„	(in „ „ „)
$MgCO_3 + CaCO_3$	3,10	„	(in „ „ „)
$FeCO_3$	7,25	„	(in „ „ „)
$MnCO_3$	4—5	„	(in „ „ „)
$BaCO_3$ (gefällt)	0,707	„	(in kaltem Wasser)
„ „	0,65	„	(in warmem Wasser)
„ „	17,0 (Lassaigne)	Theile	(in CO_2-haltigem Wasser)
„ „	8,35 (Bischof)	„	(in „ „ „)
$SrCO_3$	0,555	Theile	(in kaltem Wasser)
„	12	„	(in CO_2-haltigem Wasser)
$CaSO_4$	22—27	„	(bei 15°)
$BaCO_4$	ca. 0,025	„	
$SrSO_4$	1,450	„	
CaFl	0,37	„	(bei 15,6°)
Apatit	1,036	„	

Durch complicirte Verwitterung gehen schliesslich alle Mineralien in Lösung, sobald ihnen nur genügend Zeit gegönnt wird.

Der Vorgang der Auflösung und Wegführung erklärt das häufige Vorkommen von Verkieselungen, Dolomitisirung, Absätzen von Kiesel- und Kalksintern, die Ausfüllung von Spalten und Hohlräumen mit den verschiedensten Mineralien, ferner die stalaktischen Bildungen etc.

2. Partielle Lösung (Auslaugung) mit Hinterlassung eines Rückstandes und ev. Aufnahme anderer Substanzen.

Die häufigsten Beispiele für diesen Process liefern die thonerdehaltigen Silicate. Die Thonerde, häufig auch das Eisen und Mangan, bleiben zurück, während die Alkalien und alkalischen Erden gewöhnlich in Lösung gehen und fortgeführt werden. Der ausgelaugte und zurückgebliebene Rest wird entweder oxydirt oder desoxydirt, hydratisirt oder

auch sehr gewöhnlich in Carbonate umgewandelt, oder durch complicirte Verwitterung schliesslich ebenfalls fortgeführt. Zuweilen findet auch eine Neuaufnahme von anderen Substanzen statt.

Häufig wiederkehrende und wichtige Beispiele sind die folgenden:

Serpentinisirungsprocess.

Eine Reihe von Magnesiasilicaten, vor allem der Olivin, dann aber auch thonerdefreie Augite und Hornblenden, Chondrodit etc. hinterlassen bei Fortführung eines Theiles des Magnesiasilicates, des Eisens, Kalks und der Alkalien den grösseren Theil des Magnesiasilicates und nehmen gleichzeitig Wasser auf, wodurch Serpentin gebildet wird. Bei dem Olivin $2MgO, SiO_2$ gestaltet sich der Process so, dass durch Einwirkung kohlensauren Wassers Serpentin und Magnesit gebildet wird. $2(2MgO, SiO_2) + CO_2 + 2H_2O = 3MgO, 2SiO_2 . 2H_2O + MgO, CO_2$. — In ähnlicher Weise vollzieht sich an thonerdehaltigen Magnesiasilicaten, namentlich am Augit und an der Hornblende die Ueberführung zu Chlorit, die Chloritisirung.

Kaolinisirung.

Die thonerdehaltigen Silicate werden in der Regel durch einfache Verwitterung derart angegriffen, dass das Thonerdesilicat zurückbleibt und Wasser aufnimmt, während die Alkalien und Erden in Lösung gehen. Sehr gewöhnlich ist dieser Vorgang bei den Feldspäthen, beispielsweise ist der schematische Verlauf beim Kalifeldspath[1]) wie folgt:

Aus dem Kalifeldspath $K_2O, Al_2O_3, 6SiO_2$ werden K_2O und $4SiO_2$ fortgeführt, aufgenommen dagegen $2H_2O$, es bleibt demnach $Al_2O_3, 2SiO_2 + 2H_2O$, d. h. Kaolin, übrig, oder in Zahlen

	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	H_2O	
100 Theile Kalifeldspath enthalten	64,63	18,49	16,88		
entfernt resp. aufgenommen werden	− 43,05		− 16,88	+ 6,47	
	21,58	18,49		+ 6,47	= 46,54 Kaolin.

Epidotisirung.

In Silicatgesteinen, namentlich in Feldspath- und Hornblendegesteinen, aber auch aus Augit, Granat, Wernerit bildet sich häufig Epidot, indem Alkalien und Kieselerde fortgeführt, Eisenoxyde und Kalk aufgenommen werden. Besonders häufig stösst man in tektonisch gestörten Gesteinen auf diese Umwandlung.

Carbonatisirung.

Silicate, an deren Zusammensetzung Kalk, Magnesia oder Alkalien theilnehmen, also in erster Linie die Plagioklase, Hornblenden und Augite, werden bei Berührung mit kohlensaurem Wasser ganz allgemein, wenn auch sehr allmählich so umgewandelt, dass sich die entsprechenden Carbonate bilden. Daher brausen die verwitterten Silicatgesteine mit Säure.

Gypsbildung.

Durch einfache Aufnahme von 2 Molekülen Wasser geht aus Anhydrit $CaSO_4$ der Gyps hervor, ein Vorgang, der sich in der Natur gleichfalls im Grossen vollzieht. Dabei vergrössert sich das Volum um ca. 33 %.

Ausscheidung von Metalloxyden und Metalloxydhydraten namentlich von Brauneisen, seltener von Eisenglanz, Magnetit, Chrom- und Nickelerzen.

[1]) J. Roth, Allgemeine und chemische Geologie. Bd. I, S. 142.

Viele eisenhaltigen Silicate, z. B. Augite, Hornblenden, Biotit werden derartig umgewandelt, dass das Eisen in Form von Eisenoxydhydrat, seltener von Hämatit und Magnetit zurückbleibt, während alles übrige fortgeführt wird. Dieser Vorgang erklärt gewisse Eisenerzlagerstätten und analog verläuft die Umwandlung und Ausscheidung von Nickel- und Chromerzen aus gewissen Silicaten, im Besonderen aus dem Serpentin. Bei der Deutung der an Eruptivgesteine geknüpften Erzlagerstätten (von Fe, Ni, Cr, Pt u. a.) im Sinne des hier besprochenen Umwandlungsvorganges wird man jedoch Vorsicht walten lassen müssen, da zumeist die Ausscheidung des Erzes eine primäre ist, hervorgegangen bei der Auskrystallisation des Silicatgemisches (sogen. magmatische Ausscheidung).

3. Metasomatische Umwandlung.

Wenn Minerallösungen bei ihrer Circulation in der Erdrinde auf Gesteine treffen, die in dem Lösungsmittel leichter löslich sind als die darin enthaltene Mineralsubstanz, so findet ein langsam und allmählich vor sich gehender Austausch der beiderseitigen Stoffe statt, ein Vorgang, den man als Verdrängung oder metasomatische Umwandlung, auch kurz als Metasomatose bezeichnet. Dieser Process hat eine weitgehende Bedeutung für die Lehre von den Pseudomorphosen (s. § 2, S. 264), für die chemische Umwandlung von Gesteinen und die Bildung vieler Erzlagerstätten.

Am gewöhnlichsten vollzieht sich die metasomatische Umwandlung bei Berührung mit den weit verbreiteten Kalksteinen, die namentlich die Carbonate von Mg, Fe, Mn und Zn ausfällen und sich dabei ganz oder theilweise in Dolomite, in Eisenspath-, Manganspath- und Zinkspath-Ablagerungen umsetzen.

II. Umwandlung durch pyrochemische Processe.

1. Umwandlung durch vulkanische Dämpfe und Gase (Zersetzung, Pneumatolyse). Den hierher gehörigen Zersetzungserscheinungen begegnet man nur an Orten, wo vulkanische Thätigkeit herrscht oder geherrscht hat. Die aus Vulkanen, Solfataren, Mofetten, Fumarolen etc. aufsteigenden Gase und Dämpfe, wie Wasserdampf, Kohlensäure, Salzsäure, Borsäure, Schwefeldampf, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure und Schwefelsäure etc. sind die Agentien und bewirken in Verbindung mit erhöhter Temperatur die Zersetzung der frisch gebildeten oder der bereits vorhandenen Mineralien. Namentlich werden die Silicate zersetzt, was äusserlich an der zelligen, cavernösen Oberfläche hervortritt, und durch HCl und H_2SO_4 in lösliche Form übergeführt.

Bei der Zersetzung wird im Gegensatz zur Verwitterung die Thonerde und das Eisenoxyd sehr leicht in Lösung gebracht. Ebenso wird auch die Kieselsäure sehr viel leichter abgeschieden und kommt auch schneller zur Ruhe.

Die gleichen Säuren wirken auch zerstörend auf die Carbonate und bedingen weitgehende Umwandlungen, z. B. Kalkspath zu Gyps.

Neben den Säuren ist die Wirkung des überhitzten Wasserdampfes besonders bemerkenswerth. Die Silicate, Calcit, Dolomit, Spatheisen etc. werden angegriffen und neben Hydraten basische Carbonate gebildet. Periklas und Brucit liefern entsprechende Beispiele. Weiter wirkt der Wasserdampf zerlegend auf die Chloride, wobei freie Salzsäure und Oxyde (Hämatit, Magnetit, Ceylanit, Periklas, Tenorit) entstehen, ebenso wie aus der Zersetzung von Fluor- und Chlorsilicium Quarz und Tridymit hervorgehen. Für die Bildung der Zinnerzlagerstätten wird besonders wichtig die Zerlegung des flüchtigen Zinnfluorids durch Wasserdampf, wobei Zinnstein S_nO_2 entsteht und die freigewordene Flusssäure corrodirend auf umgebende Silicate einwirkt und Veranlassung zu Neubildungen, namentlich von Flussspath gibt.

2. Veränderung durch erhöhte Temperatur, durch Schmelzen. Hierbei kann sowohl eine Aenderung des chemischen Bestandes wie auch der structurellen Beschaffenheit eintreten. Letztere Veränderung kann zuweilen praktische Bedeutung erlangen. Granat, Vesuvian, Hornblende, Zoisit, Epidot, Glimmer, Turmalin, Axinit etc. sind Mineralien, die durch Lösungsmittel gar nicht oder sehr schwer aufgeschlossen werden; sobald sie aber geschmolzen sind, gelingt die Aufschliessung durch Säuren leicht. Dass hierbei aber nicht nur eine mechanische Auflockerung eingetreten ist, sondern eine Umwandlung, lehren die schon früher angeführten Untersuchungen von Doelter und Hussak am Granat und Vesuvian.

Andere Silicate werden dagegen beim Schmelzen amorph, wie Feldspath; das gleiche gilt auch vom Quarz. Diesen Vorgang nennt man wohl Frittung. —

Aragonit geht bei erhöhter Temperatur in Calcit über; rhombischer Schwefel wird durch Schmelzung monoklin, wandelt sich aber allmählich wieder in die rhombische Modification um.

Während gewisse Mineralien, wie Steinsalz, Flussspath, Augit, durch erhöhte Temperatur, selbst durch Schmelzung chemisch durchaus unverändert bleiben, erleiden andere mehr oder minder wesentliche Veränderungen ihres Bestandes. Die Carbonate geben Kohlensäure, die Sulfide Schwefel, die Hydrate Wasser ab. Organische und Oxydul-Verbindungen nehmen Sauerstoff auf; die sonst nicht angreifbaren Mineralien Diamant und Graphit verbrennen bei hoher Temperatur.

Werden Mineraliengemenge erhöhter Temperatur ausgesetzt, so finden wechselseitige chemische Reactionen statt nach Maassgabe, dass die feuerbeständigeren Säuren die wirksameren sind. Besondere geologische

Bedeutung hat die Austreibung der Kohlensäure durch Kieselsäure und die dabei erfolgende Bildung von Silicaten.

Pyrochemische Processe werden naturgemäss viel seltener angetroffen als hydrochemische; sie werden geologisch wichtig als sogen. Contactphänomene, d. h. Veränderungen und Umwandlung in der Nähe von Eruptivgesteinen.

III. Veränderungen durch das Licht.

Dieselben sind spärlich und fallen äusserlich zumeist nur als Farbenänderungen in die Augen. Nickel- und Kobaltblüthe, ferner gefärbter Flussspath, Apophyllit, Topas, Steinsalz, Rosenquarz, Chrysopras etc. bleichen aus, die Chlor-, Jod- und Bromverbindungen werden trüb und färben sich gewöhnlich dunkler. — Realgar zerfällt im Licht zu orangegelbem Pulver, Auripigment oxydirt sich zu arseniger Säure; Kupferglanzkrystalle überziehen sich mit einem braunen, Krystalle verschiedener Silbermineralien (Rothgültig, Silberglanz, Stephanit) mit einem schwarzen Pulver. Die blaue Kupferlasur geht unter dem Einfluss des Lichtes in den grünen Malachit über, was man an alten Gemälden öfters beobachten kann.

IV. Veränderung durch Druck.

Dass auch der Druck geeignet ist, Umwandlungsvorgänge zu begünstigen, ist ohne Weiteres klar.

Neuerdings haben bei der Untersuchung tektonisch stark gestörter Gesteine die durch Druck veranlassten Mineralbildungen die Aufmerksamkeit des Geologen auf sich gezogen und man hat in dem Druck ebenso wie in der erhöhten Temperatur einen wesentlichen begünstigenden Factor für Mineralumwandlungen erkannt. Bei der mineralogischen bezw. structurellen Herausbildung der krystallinischen Schiefer, wie bei dem Auftreten einer Reihe krystallinischer Mineralien, wie Andalusit, Sillimanit, Sericit, Chlorit, in stark gepressten und gestauchten Thonschiefern ist der Druck wesentlich betheiligt, und ebenso wie man von Contactmineralien spricht, wird man auch von Pressionsmineralien reden müssen. Auch durch das Experiment ist die Wirksamkeit des Druckes bewiesen. Von Spring ist bei einem Druck von 5000 Atmosphären aus Kupfer und Schwefel Kupferglanz erzeugt worden. —

In vorstehendem Capitel beanspruchen noch zwei wichtige Umwandlungserscheinungen, als deren Resultate die Pseudomorphosen und die Contactmineralien hervorgehen, eine besondere Besprechung.

§ 2. Die Pseudomorphosen. Die aus der Umwandlung eines Minerales hervorgegangenen Neubildungen heissen, wie bereits erwähnt,

secundäre Mineralien im Gegensatz zu dem primären Muttermineral. Die secundären Mineralien können entweder an anderer Stelle als das Muttermineral zur Ausscheidung bezw. Auskrystallisation gelangt sein, wie z. B. die Zeolithe auf den Mandelräumen der Melaphyre und Basalte, oder sie können sich unmittelbar an Stelle des Muttermincrales abgesetzt haben. Diese letzteren Mineralien führen speciell den Namen der metamorphischen Mineralien, der Umwandlungsprocess selbst, gleichviel auf welche Art er vor sich gegangen ist, heisst Mineralmetamorphose.

Hat sich die Metamorphose an Krystallen unter Erhaltung der ursprünglichen Krystallform vollzogen, so werden diese Bildungen als Pseudomorphosen oder Afterkrystalle, speciell als metasomatische Pseudomorphosen bezeichnet, da man unter dem Namen Pseudomorphosen auch ihrer Entstehung nach ganz andere, nur äusserlich ähnliche Dinge (sogen. hypostatische Pseudomorphosen, siehe weiter unten) versteht.

Pseudomorphosen haben demnach die Form bewahrt, den Inhalt aber verändert. Sie sind durchweg keine einfachen Krystalle, sondern Krystallaggregate. Sie sind für das Verständniss der mineralischen Umwandlungsvorgänge, die sich an ihnen oft in den verschiedensten Stadien offenbaren, von hoher Bedeutung.

Die Umwandlungsvorgänge selbst sind aber keine anderen als die in dem § 1 dieses Capitels geschilderten.

Nach der Art der Umwandlung lassen sich 3 Abtheilungen unterscheiden.

1. Paramorphosen. Bei ihnen ist der chemische Bestand des Mutterminerales erhalten, es hat nur eine structurelle Umwandlung in eine dimorphe Varietät stattgefunden, z. B. Uralit nach Augit, Calcit nach Aragonit, Aragonit nach Calcit, monokliner Schwefel nach rhombischem Schwefel, Rutil nach Brookit etc.

2. Umwandlungs-Pseudomorphosen, bei denen ein partieller Austausch der chemischen Bestandtheile oder auch nur eine Aufnahme resp. Abgabe irgend welcher Bestandtheile stattgefunden hat. Bleiglanz nach Pyromorphit, Zinkcarbonat (Galmei) nach Kalkcarbonat (Calcit), Gyps nach Anhydrit, Serpentin nach Olivin.

3. Verdrängungs-Pseudomorphosen, bei denen der gesammte chemische Bestand sich geändert hat. Gediegen Kupfer nach Aragonit, Rotheisen nach Kalkspath, Flussspath nach Quarz, Gyps nach Steinsalz.

Hergebrachtermassen werden nun auch solche Bildungen als Pseudomorphosen bezeichnet, die mit den eben besprochenen die Eigenthümlichkeit theilen, dass die äussere Form eine erborgte ist, die aber in

ihrem Wesen völlig verschieden davon sind und sich mehr den Mineralausscheidungen in Blasenräumen und Drusenhöhlungen anschliessen. Das wird neben anderem durch ihr von aussen nach innen erfolgendes Wachsthum und durch ihre ganze Structur bewiesen. Derartige Afterkrystalle heissen Ausfüllungs-, Umhüllungs- oder hypostatische Pseudomorphosen. Der Vorgang bei ihrer Bildung ist doppelter Natur.

1. Ein leichter verwitterbarer krystallisirter Gemengtheil wird aus der umgebenden Gesteinsmasse bezw. dem umgebenden Mineralaggregat ausgelaugt und später der entstandene Hohlraum mit irgend einem neuen Mineral wieder angefüllt.

2. Ein Krystall wird von einer Kruste eines anderen Minerales, das schwerer verwitterbar ist, überzogen; später findet eine Auslaugung des umschlossenen Krystalles aus seiner Umhüllung statt. Zumeist besteht die nunmehr infiltrirte Ausfüllungsmasse aus demselben Mineral, welches die Kruste bildete.

Literatur. Blum, Die Pseudomorphosen des Mineralreiches 1843. Mit vier Nachträgen (1847—79). — E. Geinitz, N. Jahrb. f. Min. etc. 1877. — Tschermak, Miner. Mitth. II. 449. 1879.

§ 3. Die Contactmineralien. Dieselben sind Umwandlungsmineralien, deren Auftreten an die Berührung eines Eruptivgesteins mit irgend welchen anderen Gesteinen, insbesondere mit Kalksteinen, Dolomiten und Thonschiefern gebunden ist. Dieses Vorkommen weist den Eruptivgesteinen eine active Rolle bei der Bildung der Contactmineralien zu; in den meisten Fällen wird es das schmelzflüssige Silicatmagma sein, das auf das benachbarte Gestein reagirt; daneben und in anderen Fällen dürften sich auch durch den Contact und die hohe Temperatur begünstigte hydro- und gasochemische Processe abgespielt haben.

Vielfach beruht die Umwandlung im Contact nur auf einer Veränderung der Structur; dichte und feinkörnige Kalksteine und Dolomite werden gröber körnig, vollständig krystallin oder auch späthig; alleinige Hitzewirkungen sind wirksam bei der Umwandlung von Spatheisen in Magnetit und Rotheisenstein.

Die Einwirkung von Gasen zeigt sich bei der Bildung von Fluor- und Bormineralien, wie Topas, Turmalin, Apatit, den charakteristischen Begleitern des Zinnsteins. Dagegen wird die Neubildung der vorzugsweise Ca- und Mg-haltigen Silicate im Contact unmittelbar der Reaction des eruptiven Silicatmagmas auf die Kalksteine und Dolomite zugeschrieben werden müssen.

Wirkungen des Contacts, d. h. Mineralneubildungen, finden sich nicht nur in dem vom Contact betroffenen Gestein, sondern auch in dem den Contact bewirkenden Eruptivgestein; jene bezeichnet man wohl als exogene, diese als endogene Contacterscheinungen.

Es giebt eine Reihe von Mineralien, die nur im Contact auftreten; andere, die unter den verschiedensten Umständen gebildet werden können,

finden sich gelegentlich im Contact, haben dann aber gewöhnlich einen charakteristischen Habitus; z. B. der bläulich-graue Contactkalkspath.

Die gewöhnlichsten Contactmineralien sind die folgenden: Granat, Vesuvian, Augit, Diopsid, Fassait, Wollastonit, Tremolit, Plagioklase (Anorthit), Skapolith incl. Dipyr, Couseranit, Gehlenit, Epidot, Zoisit, Chondrodit, Monticellit, Titanit, Rutil, Spinell, Periklas, Magnetit etc.

Besonders häufig genannte Contactlagerstätten sind: Monzoni und Predazzo, die norwegische Contactzone (Christiana, Arendal, Drammen), die Contactzone des Banats (Cziklowa, Oravicza, Szaska, Dognaczka), Auerbach an der Bergstrasse, Pargas in Finland, das Contactgebiet in den Staaten New-York und New-Jersey (Sparta, Warwick, Amity). Hierher gehören auch die von den Eruptionsproducten des Vesuvs in der Tiefe veränderten und dann ausgeworfenen, mit Silicaten reich erfüllten Kalksteine, die als die Kalkbomben der Somma in der Literatur bezeichnet werden.

VI. Abschnitt.

Technische Mineralogie.

Der Nutzen der Mineralien liegt nicht nur auf rein wissenschaftlichem Gebiet als interessante, unmittelbar von der Natur gelieferte Belegstücke für die Lehren der Krystallographie, der Physik und Chemie; nicht nur bildet eine ausreichende Mineralkenntniss ein unbedingtes Erforderniss für das Studium der Geologie, sondern sehr zahleiche Mineralien dienen technischen Zwecken und werden für Handel und Gewerbe wie für die Landwirthschaft und zahlreiche Zweige industrieller Thätigkeit von grösster Bedeutung. So sind sie Gegenstand bergmännischer Gewinnung und hüttenmännischer Verarbeitung. Als Constituenten der Gesteine hat der Ingenieur und Architekt an vielen von ihnen ein Interesse und als Bildner des Ackerbodens werden sie für den Landwirth von Wichtigkeit, der ihnen auch seine unentbehrlichsten mineralischen Düngerstoffe (Kalisalze, Phosphorite und Salpeter) entnimmt.

Die wichtigsten der nutzbaren Mineralien sind im Anhang I: „Uebersicht über die nutzbaren Mineralien und deren Lagerstätten“ aufgezählt und nach der Art ihres Vorkommens kurz besprochen.

VII. Abschnitt.

Systematik und Nomenclatur.

Die in Frage kommenden Gesichtspunkte sollen hier nur kurz angedeutet werden.

Systematik. In der mineralogischen Systematik herrscht nicht wie in der Botanik und Zoologie, den beiden anderen, gewöhnlich zum Vergleich herangezogenen beschreibenden Naturwissenschaften, in den Hauptzügen Uebereinstimmung, sondern verschiedene Klassificationssysteme bestehen neben einander.

Die Gründe dafür sind im Wesentlichen darin zu suchen, dass man über den klassificatorischen Werth der einzelnen mineralogischen Eigenschaften verschiedener Meinung sein kann. Während in der Botanik und Zoologie die natürlichen, d. h. auf Zeugung beruhenden Verwandtschaftsbeziehungen die zwingende Grundlage und die Elemente eines natürlichen Systems abgeben, bedeuten genetische Verhältnisse unter den Mineralien ganz etwas anderes und drücken keineswegs die natürliche Verwandtschaft aus; weit mehr als sie kommen die wichtigen morphologischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften, nicht minder die aus dem geologischen Vorkommen erwachsenden Beziehungen in Betracht. Je nachdem die einzelnen Autoren oder die einzelnen Perioden der Wissenschaft die eine oder die andere Gruppe dieser Eigenschaften mehr in den Vordergrund stellten, wechselten die Begriffe der Klassen, Ordnungen etc. und die Anordnung der Mineralien im System.

Die unveräusserlichsten, am Stoff selbst haftenden Eigenschaften sind die chemischen. Nach dem Vorgange von Berzelius ist es daher durchweg üblich geworden, als Haupteintheilungsgrund die chemische Constitution zu verwenden und danach die grossen Klassen der Elemente, der Sulfoverbindungen, der Oxyde, der Haloid- und der Oxysalze aufzustellen.

Einer weiteren Gruppirung in Ordnungen, Familien oder Gruppen stellen sich deswegen Schwierigkeiten entgegen, weil bei Anwendung eines einheitlichen und gleichmässig durchgeführten Eintheilungsprincipes einerseits eine grössere Anzahl von Mineralien ganz isolirt dastehen

würde, andererseits und noch mehr manche sogen. „natürlichen Familien", d. h. solche, die sich durch eine Reihe gemeinsamer Merkmale als eng zusammengehörig erweisen, zerrissen würden.

Als das am meisten geeignete Eintheilungsprincip bietet sich als zunächst liegend wieder die chemische Constitution dar. Dabei kann entweder die Anordnung nach dem elektropositiven Bestandtheil erfolgen, wobei der praktische Vortheil erwächst, dass, um es an Beispielen zu erläutern, alle Blei-, Silber-, Kalkmineralien etc. unmittelbar an einander gereiht werden, was aber bei strenger Anwendung des Princips auf grosse Hindernisse stösst — oder die Anordnung erfolgt nach dem elektronegativen Bestandtheil. Diese letztere Klassification hat den besonderen Vortheil, dass die in der Isomorphie sich ausdrückende und für die Bildung natürlicher Gruppen sehr geeignete Beziehung zwischen chemischer Constitution und Krystallform in den Vordergrund tritt. Beide Principien sind von BERZELIUS 1816 in Vorschlag gebracht; letzteres, von GUSTAV ROSE weiter ausgebaut, wird als das BERZELIUS-ROSE'sche oder krystallographisch-chemische System bezeichnet und liegt heutzutage, wenigstens in Deutschland, den meisten Lehrbüchern und Mineraltabellen zu Grunde. Auch in vorliegendem Buch wird davon Gebrauch gemacht, jedoch unter Wahrung und Beibehaltung mancher von anderen Gesichtspunkten aus als natürlich erkannter Familien, die durch das chemische Klassificationsprincip zerrissen würden.

Species. Eine besondere Schwierigkeit für das System erwächst noch aus dem Umstand, dass der Begriff „Species" in der Mineralogie sich einer scharfen Definition entzieht. In der Botanik und der Zoologie beruht, wie schon eben berührt, das, was als Species oder Art bezeichnet wird, auf der durch die natürliche Fortpflanzung geschaffenen Verwandtschaft, also auf Beziehungen, die den Mineralien gänzlich fehlen; ausserdem wird noch durch die isomorphen Mischungen ein weiter Spielraum in der Abgrenzung der einzelnen Mineralien gelassen. Deshalb ist der Begriff Species von vielen Autoren ganz und gar aus der Mineralogie gebannt, und dort, wo er gebraucht wird, fasst man unter eine Species alle jene Mineralsubstanzen zusammen, welche in chemischer, morphologischer und physikalischer Beziehung gar keine oder nur unwesentliche Abänderungen aufweisen, während Mineralsubstanzen, die nach gewissen Richtungen charakteristische Abweichungen zeigen, als Varietäten bezeichnet werden. Ganz gleichbedeutend mit den beiden Ausdrücken Species und Varietäten sind die von anderer Seite verwendeten Ausdrücke Gattung und Species, wo die Species der letzteren Auffassung der Varietät im ersteren Sinne entspricht.

Nomenclatur. Die Mineralnamen rühren aus den verschiedensten Stadien der Entwicklung unserer Wissenschaft her oder sind in vielen

Fällen auch die vom gemeinen Mann oder dem Bergmann gebrauchten Bezeichnungen. Daher sind sie alles andere als einheitlich gebildete wissenschaftliche Namen.

Für die gemeineren Mineralien bestehen deutsche Mineralnamen und haben also nur beschränkte Anwendung, wenn auch einige unter ihnen in andere Sprachen übergegangen sind. In der Hauptsache aber sind die Mineralnamen der griechischen oder lateinischen oder beiden Sprachen entlehnte, nicht immer tadellose Wortbildungen von internationaler Gültigkeit.

Für die meisten Mineralien sind mehrere Namen vorhanden, doch ist die Synonymik bei Weitem nicht so umständlich als in den Schwesterwissenschaften. Der mehrfach unternommene Versuch, wie in der Botanik und Zoologie die Namen zweigliederig zu gestalten, musste an der Bedeutungslosigkeit der Begriffe Gattung und Art in der Mineralogie scheitern. Damit steht es auch im Zusammenhang, dass unsere gegenwärtigen Mineralnamen nach ihrem Inhalt bald etwas bezeichnen, was etwa einer Familie, bald etwas, was einer Gattung, Art oder Varietät entsprechen würde.

Für die Bildung der Namen sind namentlich die chemische Zusammensetzung, die physikalischen und krystallographischen Besonderheiten, der Ort des Vorkommens, der Name des Auffinders etc. maassgebend gewesen, vielfach sind sie auch gegeben worden zu Ehren irgend welcher Personen, in Anlehnung an mythologische Dinge etc., zuweilen aber auch ohne jede Beziehung zu Personen und Dingen.

Näheres: v. Kobell, Die Mineralnamen und die mineralogische Nomenclatur. 1853. — Francke, Ueber die mineralogische Nomenclatur. 1890.

II. Theil.

Specieller Theil.

Im nachstehenden speciellen Theil sind die einzelnen Mineralien in systematischer Anordnung beschrieben worden. Eine Uebersicht der befolgten Eintheilung und eine Aufzählung der einzelnen Klassen, Abtheilungen, Familien, Gruppen etc. giebt das Inhaltsverzeichniss.

Bei der Darstellung sind die häufiger vorkommenden oder aus irgend welchem Grunde wichtigeren Mineralien vor den selteneren und weniger wichtigen durch eingehendere Behandlung und äusserlich auch schon durch den Druck ausgezeichnet.

Die Beschreibung der wichtigeren Mineralien gliedert sich für das Auge, durch Absätze sichtbar gemacht, der Reihe nach in der Aufzählung:

1. der morphologischen Kennzeichen, und zwar unter Sonderung derjenigen der Krystalle von denen der Aggregate,

2. der physikalischen Merkmale,

3. der chemischen Eigenschaften, während in einen 4., cursiv gedruckten Absatz alle auf das geologische und geographische Vorkommen bezüglichen Angaben gestellt sind. Besondere Notizen verschiedenen Inhaltes, Hinweise auf ähnliche, zur Verwechslung verleitende Mineralien sind, wo sie nöthig werden, in eine Schlussbemerkung verwiesen.

Als nicht ohne Weiteres verständliche oder nicht früher bereits erläuterte Abkürzungen sind die folgenden zu erwähnen:

XX = Krystalle.
Mittelk. = Winkel an der Mittelkante.
Polk. = Winkel an der Polkante.
Zw. = Zwillinge.
= Spaltbarkeit, spaltbar.
Br. = Bruch.
H. = Härte.
G. = specifisches Gewicht.
durchs. = durchsichtig.
vollk. = vollkommen.
unvollk. = unvollkommen.
ged. = gediegen.

undurchs. = undurchsichtig.
Gl. = Glanz.
Mgl. = Metallglanz.
Str. = Strich.
v. d. L. = vor dem Löthrohr.
u. d. M. = unter dem Mikroskop.
O.-F. = Oxydationsflamme.
R. F. = Reductionsflamme.
A.-E. = Optische Axenebene.
Chem. Zus. = Chemische Zusammensetzung.

Die Bezeichnung der Krystallformen erfolgt in Uebereinstimmung mit dem krystallographischen Abschnitt dieses Buches durch Indices, die aber aus typographischen Gründen in die sonst nur für Krystallflächen gebrauchten Klammern ( ) eingeschlossen sind. Zu dem Miller-schen Zeichen ist aber auch das Naumann'sche Symbol gestellt worden, um eine allgemeinere Verwendung des beschreibenden Theils zu ermöglichen.

I. Klasse. Elemente.

Hierher gehören die natürlich auftretenden, bei gewöhnlichen Temperaturen festen oder flüssigen chemischen Elemente samt ihren Legirungen.

1. Abtheilung. Nichtmetalle.

Mit Ausnahme des metallglänzenden, aber dagegen unschmelzbaren Graphits ohne metallischen Habitus und mit geringem specifischem Gewicht.

Diamant. Demant. C.

Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. Rundum ausgebildete XX die häufigste Erscheinungsform, ursprünglich stets eingewachsen und durchweg mit holoedrischer Entwicklung; auf die Hemiedrie, die physikalisch noch nicht bestätigt werden konnte, deuten die Ergänzungszwillinge

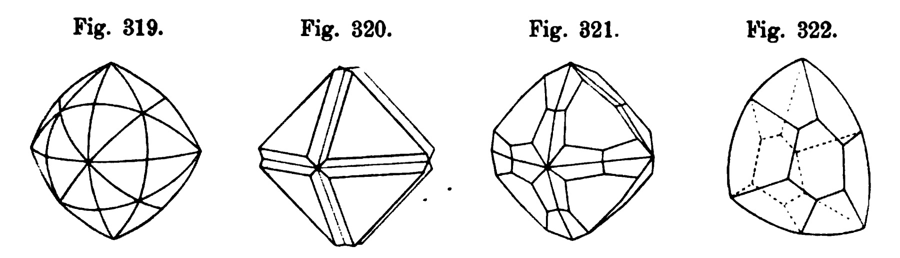


Fig. 319. Fig. 320. Fig. 321. Fig. 322.

und nur vereinzelt tetraedrische Formen. Der Habitus wird bedingt durch (*111*)*O* (indischer Typus) oder (*110*)∞O beziehungsweise (*100*)$\infty O \infty$ (brasilianischer Typus); dazu treten in Combination namentlich Tetrakishexaeder wie (*310*)$\infty O3$ und aus der Combination zweier Hexakistetraeder gebildete Hexakisoktaeder wie (*321*) $3O^3/_2$, auch andere Formen und Vicinalflächen, wodurch die charakteristische Krümmung der Flächen und die bauchig bis kugelig verzerrten Krystalle hervorgebracht werden (Fig. 319). Namentlich Rhombendodekaeder und Hexakisoktaeder neigen gern zur Rundung der Flächen und Kanten, die Würfelflächen sind meist rauh, dagegen ist das Oktaeder gewöhnlich glattflächig. Ueberhaupt sind die Flächen häufig gestreift oder rauh, mit drei- oder vierseitigen Grübchen, auch mit höckerigen Unebenheiten versehen. — Zw. nach (*111*) *O* nicht selten, in Juxtaposition und gelegentlich mit lamellarer bis schaliger

Wiederholung, meist durch Verkürzung der Zw.-Axe mit tetraedrischem und linsenartigem Habitus (Fig. 322); ausserdem auch nicht selten sich vollkommen durchkreuzende Ergänzungszw. nach *(100)*∞O∞, die an der Furchung längs der Oktaederkanten oder der Kerbung quer zu den Würfelkanten leicht erkennbar sind (Fig. 320 u. 321). — Ausser in wohl ausgebildeten XX von mikroskopischer Kleinheit bis nahe 1000 Karat Gewicht, findet sich D. in derben, eckigen, auch löcherigen Körnern, abgerollt, in Splittern und Spaltstücken, sowie aggretartig als Bort in regellosen Gruppen und radial struirten, sehr regelmässigen Kugeln. Bemerkenswerth sind nicht seltene schwarze Flecken und Einschlüsse im Diamant, die von Eisenglanz, Titaneisen und kohliger Substanz herrühren. Auch Einschlüsse von Quarz, Rutil, selbst von kleinen Diamantkrystallen kommen vor.

(111)O vollkommen, was beim Schleifen ausgenutzt wird. Br. muschlig, spröde. H. = 10, härter auf *(100)* als auf *(111)*. G. = 3,50 bis 3,53, gleich dem des Topases. Durchs. (vom reinsten Wasser) bis undurchs., durchlässig für Röntgenstrahlen. Der Glanz, als Feuer bezeichnet, ist ganz eigenthümlich, sogen. Diamantgl. Farblos oder in verschiedenen, vielfach nicht beständigen Farben gefärbt: gelblich und gelb, braun, grau, grünlich, röthlich, schwarz, am seltensten blau. Starke Dispersion: n (roth) = 2,407, n (violett) = 2,465. Opt. oft anomal in Folge von Spannungen, welche bei den sogen. smoky stones von Kimberley sogar ein Zerspringen zu feinem Pulver veranlassen können. Guter Wärmeleiter, fühlt sich kalt an; wird beim Reiben positiv elektrisch.

Reiner Kohlenstoff; im Carbonado bis 2—4 % Verunreinigung. Verbrennt im Sauerstoffgebläse zu CO_2, kleine XX und pulverisirt schon v. d. L. auf Platinblech; wird ausserdem nur noch angegriffen durch ein Gemisch von Kaliumbichromat und Schwefelsäure. Geht im elektrischen Flammenbogen bei Luftabschluss in Graphit über.

Zumeist auf losen und verfestigten Seifen, theilweise diluvialen und tertiären Alters. Charakteristische Begleiter sind die üblichen Seifenmineralien, Edelmetalle und Edelsteine wie Gold, Platin, Topas, Chrysoberyll, Turmalin, Granat, Zirkon, Rutil, Anatas, Zinnstein, Quarz, Spinell, Titaneisen, Magneteisen etc. Wäschen Ostindiens, Borneos, des Caplandes, in den atlantischen Staaten Nordamerikas und in Californien. Ferner in Brasilien und vereinzelt am Ural. — Dann eingewachsen, aber wohl nur zum kleineren Theil primär in krystallinen Schiefern, namentlich Hornblende- und Glimmerschiefern, in Sandsteinen und besonders reichlich (s. S. 276) in den Olivingesteinen (Kimberliten) der Capcolonie. — Als Merkwürdigkeit in Eisenmeteoriten: Cañon Diablo in Arizona. Neuerdings von Moissan, *von* Crookes *u. A. in winzigen* XX *künstlich dargestellt.*

[1]) Der grösste bekannte Diamant ist der 971¾ Karat schwere Stein von Jagersfontein, dessen längster Durchmesser fast 80 mm beträgt.

Als Varietäten können unterschieden werden:

1. **Diamant**, Einzelkrystalle und Krystallgruppen.

2. **Bort**, radialstrahlige Kugeln und unregelmässige Aggregate; in der Technik werden auch die als Schmuckstein unbrauchbaren Krystalle so bezeichnet.

3. **Carbonado** oder **Carbonat**, erbsen- bis eigrosse Rollstücke von koks- oder kohlenschlackenartiger Beschaffenheit, dicht bis körnig, mit glänzend schwarzer Oberfläche und mattem, muschligem Bruch. Nur brasilianischen Ursprungs und fast ganz auf den Bezirk Cincorá in der Provinz Bahia beschränkt. Besonders begehrt bei Tiefbohrungen, wozu aber auch Bort und unrein gefärbte X X benutzt werden.

Die farblosen oder gleichmässig gefärbten D. sind ihrer ausgezeichneten Eigenschaften wegen neben Rubin die meist geschätzten Edelsteine. Als Gewichtseinheit dient das Karat, das in verschiedenen Ländern zwischen 197—207 mg wechselt, durchschnittlich aber zu 205 mg angenommen wird. Diamanten von 20 K. sind schon Seltenheiten. Bei der Preisbemessung entscheiden mancherlei und zeitlich wechselnde Umstände, in erster Linie natürlich Gewicht und Beschaffenheit. Nach einer Pariser Tabelle von 1878 kostet ein Stein bester Qualität von 1 K. 220 Frcs., von 12 K. 15000 Frcs., bei geringerer Qualität, aber gleichem Gewicht 120 bezw. 3900 Frcs. Die Schliffform richtet sich nach der Gestalt der Krystalle; in früheren Zeiten schliff man wohl rund, in Eiform (Briolett) oder prismatisch, dafür trat später die Raute oder Rosette Fig. 323 und seit der Mitte des 17. Jahrhunderts ganz allgemein die vortheilhafteste Form, der Brillantschliff Fig. 324.

Fig. 323.

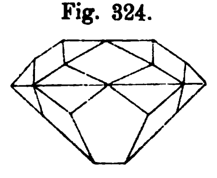


Fig. 324.

Von Ostindien, dem alten Diamantenlande, das aber jetzt so ziemlich erschöpft scheint, stammen die bekanntesten Steine: im englischen Kronschatz bezw. in England **Koh-i-Noor**, flacher ovaler Brillant, ursprünglich 186 K., jetzt $106^{1}/_{16}$ K., auf 120000 £ geschätzt —, **Nassak**, dreiseitiger Brillant von $78^{5}/_{8}$ K., ca. 30000 £ —, der dunkelblaue **Hope**, $44^{1}/_{4}$ K., für 25000 £ angekauft. Im russischen Schatz bezw. in Russland der **Orlow** oder Amsterdamer, alter Rautenschliff mit 450000 Rubel bezahlt —, **Schah von Persien**, säulenförmiger Schliff, 88 oder 86 K. —, **Polarstern**, Brillant, 40 K. —, **Sancy**, Briolett von $53^{1}/_{2}$ K. aus dem Schatz Karls des Kühnen. — Im französischen Kronschatz der **Regent** oder **Pitt**, vollkommener Brillantschliff, durch Schleifen von 410 auf $136^{3}/_{4}$ K. erniedrigt, auf 4500000 Frcs. geschätzt; soll von Malakka stammen. In Wien der **Florentiner** oder **Toskaner**, Briolett, von gelblicher Farbe und $139^{1}/_{2}$ K., stammt aus dem Schatze Karls des Kühnen und wird auf ca. 2000000 M. geschätzt. Sonst sind noch zu erwähnen: der **Gross-Mogul**, jetzt zerschlagen und seine Theile nicht mehr sicher nachweisbar; sein Gewicht wird auf $793^{5}/_{8}$ K. berechnet, wonach er der grösste aller Diamanten gewesen ist; der **Nizam** (vom Haiderabad) mit 277 K., **Kaiserin Eugenie** mit 51 K., der **Dresdener Diamant** mit $48^{1}/_{2}$ K., Werth 600000 M. u. a. — Die Diamantfundorte Ostindiens liegen weit zerstreut, durchweg aber auf der Ostseite des Dekkan. Hauptstapelplatz ist oder war Golconda bei Haiderabad. Das Vorkommen ist theils auf Seifen, theils in festen Sandsteinen und Conglomeraten. — Ein ferneres Gewinnungsgebiet sind die Seifen Borneos. Seit 1725 kam Brasilien in Aufnahme, wo in den Provinzen Minas Geraës und Bahia eisenschüssige Quarzconglomerate, Cascalho und Canga genannt, die sich auf dem Boden und den Gehängen der Thäler finden, die hauptsächlichsten Träger sind. Für das Muttergestein sind wohl die Itacolumite, Sandsteine von paläozoischem (?) Alter gehalten worden,

aber es ist wahrscheinlicher, dass die D. nur auf die hindurchsetzenden Quarzgänge beschränkt sind. Die XX sind z. Th. wasserhell, aber meist klein. Der berühmteste grösste Stein ist der ursprünglich 254 K. schwere Südstern, als ovaler Brillant von 125 K. geschliffen. — Das Hauptdiamantenland ist gegenwärtig die Capcolonie (daher Capdiamanten), wo seit 1867 im Griqualand-West bei der Stadt Kimberley und im anstossenden Oranje-Freistaat zahlreiche D., bis zu 90% der Gesamtproduction der Erde, gewonnen werden. Ausser in Seifen des unteren Vaal-Flusses, den river-diggings, findet sich hier der D. vornehmlich eingewachsen (dry diggings) in eigenthümlichen Olivin- bezw. Serpentingesteinen von tuff- oder breccienartigem Charakter, die eine Anzahl schlotartige Kanäle in den Schichten der Karooformation erfüllen; sie sind entweder wohl ausgebildet oder zerbrochen, niemals aber gerollt, zumeist nicht ganz wasserklar und werden von Pyrop (Caprubin) begleitet. Die einzelnen Gruben sind zum grössten Theil in den Händen der de Beers-Gesellschaft vereinigt, die jährlich für 80000000 M. producirt. Die kleinsten Steine wiegen $^1/_{30}$ K., bemerkenswerth unter den Capfunden ist ein regelmässiges Oktaeder von $428^1/_2$ K., das geschnitten $228^1/_2$ K. Gewicht behielt, und der grösste aller bekannten Steine, der Excelsior, von $971^3/_4$ K. Die Masse der von 1867—1893 gewonnenen Diamanten hat man auf 3 cbm berechnet.

Für die Genesis der Diamanten sind die Vorkommen in den Olivingesteinen Südafrikas, in den Eisenmeteoriten und die künstliche Herstellung von Wichtigkeit.

Graphit. C.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 1{,}3859$ (Kenngott). — XX (Ersby, Ticonderoga) selten, in Form sechsseitiger Tafeln mit Dreieckstreifung *(0001) oR*, *(11$\bar{2}$0) ∞P2*. — Derb und eingesprengt in krummblätterigen, körnigen, strahligen, schuppigen, dichten und erdigen Massen, zuweilen in radial struirten Nieren, stenglig und faserig.

\# nach *(0001) oR* sehr vollkommen, nach *(10$\bar{1}$1) R* anscheinend Gleitung. Gemein biegsam; milde, fettig und abfärbend. H = 1—2, G. = 2,1—2,3. Mgl. oder matt, undurchs., dunkel- oder licht-stahlgrau. Str. rein grau, schimmernd; guter Leiter der Elektricität.

Kohlenstoff, zuweilen mehr als 20% Asche hinterlassend. — V. d. L. schmelzbar, gemeinhin feuerbeständig, verbrennt aber bei der Temperatur des Bunsen-Brenners oder mit Salpeter gemischt. Von Säuren nicht angegriffen; dagegen bläht sich auf Platinblech mit rauchender concentrirter Salpetersäure zur Rothgluth erhitzt ein Theil (Graphit im engeren Sinn) wurmartig auf, während andere Vorkommnisse (Graphitit genannt) unverändert bleiben.

Technisch wichtiges Mineral. — Lagerstätten: 1. Auf selbständigen Lagern, Linsen und Nestern oder als Gemengtheil in metamorphischen Schiefern, wie Gneiss, Glimmerschiefer, Quarzitschiefer, Phyllit und in den darin eingelagerten körnigen Kalken; ebenso in contactmetamorphischen Kalken, seltener in paläozoischen Schiefern. Urgebirgsumrahmung Böhmens, namentlich im Fichtelgebirge (Wunsiedel), im bayerisch-böhmischen und im mährischen Grenzgebirge (Passau, Obernzell, Hafnerluden,

Vöttau, Brunn am Walde); in den krystallinen Schiefern Steiermarks, von Alt-Rodna in Siebenbürgen, in Skandinavien, den Vereinigten Staaten und Canada etc.; in den körnigen Kalken von Ersby und Storgård bei Pargas in Finland, von Ticonderoga in New York etc., auch von Auerbach an der Bergstrasse. — 2. Auf Gängen und Trümmern im Granit, namentlich aber im Gneiss; dahin die wichtigen Vorkommnisse der ALIBERT*'schen Gruben, ca. 400 km westlich von Irkutsk, die* DE MEL*'sche und andere Gruben auf Ceylon, welche im Granulit aufsetzen, sowie das jetzt erschöpfte Vorkommen von Borrowdale in Cumberland, wo ausgezeichneter feinerdiger Graphit mit Quarz und Braunspath nesterartige Gänge im Diabas bildet. — 3. Als gelegentlicher Gemengtheil, in Butzen, aber auch in grösseren Massen in Eruptivgesteinen, so in Graniten (*SIDEROW*'sche Gruben im Gouvernement Jenisseisk), in Porphyren (Cornwall, Elbingerode), im Gabbro von Harzburg, in Basalten etc. — Sonst noch in Knollen in manchen Eisenmeteoriten, z. B. von Toluca, in geringerer Menge auch in Steinmeteoriten; künstlich als Ausscheidung aus Roheisen und bei der Zersetzung von Kohlenstoffverbindungen; im elektrischen Bogen wird Diamant in Graphit umgewandelt.*

Aehnlich: Molybdänglanz, in Schuppen auch wohl Arsenolamprit. — Die Anschauungen über die Genesis des natürlichen Graphits gehen noch auseinander; doch dürfte Graphit meist anorganischen, selten vegetabilen Ursprungs sein; in letzterem Fall durch vulkanische Einwirkung auf Kohle entstanden. — Hinsichtlich der Production steht Oesterreich (Böhmer Wald) an erster Stelle und liefert fast 60 %, dann folgt Ceylon mit ca. 25—30 % und Deutschland mit ca. 8 %. England liefert nichts mehr.

Cliftonit aus Eisenmeteoriten von Youndegin in Westaustralien ist anscheinend nichts anderes als eine Paramorphose von Graphit nach Diamantkrystallen. — Graphitoid ist dichter, äusserst feinkörniger Graphit; dagegen ist

Schungit, eine amorphe Modification von C., schwarz, anthracitartiger Mgl., H. = 3½—4, G. = 1,84—1,98. Sehr hygroskopisch. In wenigen Centimetern mächtigen Flötzen zwischen huronischen Schiefern unweit Schunga im Gouvernement Olonez. Ist das Endglied der Kohlenreihe: Braunkohle, Steinkohle, Anthracit.

Schwefel. S.

Rhombisch. $a : b : c = 0,8131 : 1 : 1,9034$ (v. KOKSCHAROW). — XX (Girgenti, Perticara, Conil) meist mit pyramidalem, vereinzelt auch mit sphenoidischem Habitus. $P = (111) P$ mit 106° 38′ vorn, 143° 18′ Mittelk., gewöhnlich vorherrschend, dazu $c = (001) oP$, $n = (011) P\breve{\infty}$, $s = (113)\ {}^1\!/\!_3 P$ etc. Zuweilen Zw. nach $(101) \bar{P}\infty$, auch nach $(011) P\breve{\infty}$ und $(110) \infty P$. — Aggregate derb, eingesprengt, knollig, in Nieren und Zapfen, in Krusten und als Anflug; körnig, faserig, erdig, mehlig, vollkommen dicht.

Fig. 325.

unvollkommen nach $(110) \infty P$, $(001) oP$ und $(111) P$. Br. muschlig bis uneben; sehr spröde, XX zerspringen schon in der warmen Hand. H. = 1½—2½, G. = 2,0—2,1. Harz- bis Fettgl. Schwefelgelb mit

Stich ins Grünliche; honig- und wachsgelb; zuweilen orange oder durch Bitumen braun gefärbt; mancher mehlige Schwefel ist gelblichweiss. Doppelbrechung direct wahrnehmbar; geeignet zur Demonstration der conischen Refraction. Sehr schlechter Elektricitätsleiter.

Reiner S, durch Bitumen und Selen zuweilen verunreinigt; schmilzt bei 108° und entzündet sich an der Luft bei 270°, dabei zu SO_2 verbrennend. Löslich in Schwefelkohlenstoff, schwieriger in Petroleum.

Technisch wichtiges Mineral, aber zum Theil künstlich aus abgerösteten Kiesen, Blende, beim Sodaprocess etc. gewonnen. — Entsteht in der Natur aus Sublimation, aus der gegenseitigen Zersetzung von Schwefelwasserstoff und schwefliger Säure ($SO_2 + 2SH_2 = 3S + 2H_2O$), als Absatz aus Solfataren und SH_2-haltigen Thermen, aus der Reduction von Sulfaten und der Verwitterung von Sulfiden, namentlich des Pyrits. Lagerstätten: 1. unmittelbar verknüpft mit Vulkanen und Solfataren. Solfatara von Neapel. Vesuv, Aetna, Island, Insel Milos, Yellowstone-Park etc. — 2. In selbständigen, vielfach bauwürdigen Lagern, Schichten, Nestern und Adern als Absatz von Thermal- und Schwefelquellen; gegenwärtig z. B. bei Aachen, besonders häufig aber im Tertiär. Dahin die wichtigsten Vork.; an zahlreichen Punkten im südlichen Sicilien, besonders in den Provinzen Girgenti und Caltanisetta, hier mit miocänen Mergeln und Kalken verbunden und von Cölestin, Gyps, Aragonit und Kalkspath begleitet; ähnlich in der Romagna (Perticara), von Swoszowice in Galizien, Kalinka in Ungarn, Conil in der Provinz Cadiz, in den Kaukasusländern etc. Mehrfach verknüpft mit Bitumen, Ozokerit, Petroleum, so zu Treskowice und Boryslaw in Galizien, im Elsass. — 3. Auf Trümmern und Nestern im Gyps und Anhydrit (Stassfurt, Alfeld, Weenzen). — 4. Gelegentlich und untergeordnet als Verwitterungsproduct auf Pyriten, Bleiglanz und anderen Sulfiden (Siegen, Tarnowitz etc.). — Sonst noch in geringen Mengen zwischen Stein- und Braunkohlen, auf brennenden Kohlenhalden, als Ausfüllung von Schneckenschalen zu Teruel in Aragon, in Form dichter brauner Kugeln in eocänen Mergelschiefern von Radoboj in Croatien, auf Drusen im Marmor von Carrara etc.

Ausser dem rhombischen Schwefel (α-Schwefel) giebt es noch eine Reihe allotropischer Modificationen, von denen der β-Schwefel, der in dünnen monoklinen Prismen krystallisirt, sich auch in der Natur finden dürfte. Er krystallisirt aus dem Schmelzfluss, kann sich also in Vulkankratern bilden, setzt sich aber sehr bald in den rhombischen Schwefel paramorph um.

Selenschwefel. Volkanit (S Se). Selten; derb, bildet erdige und faserige orangefarbige Krusten, zusammen mit Salmiak und Alaun auf der Insel Vulcano. Auch am Kilauea auf Hawaii.

Selen. Se, wird von Mexico angegeben, Vorkommen aber zweifelhaft.

2. Abtheilung. **Metalloide (Sprödmetalle).**

Dieselben bilden eine isomorphe Gruppe, krystallisiren hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch; das Hauptrhomboeder ist würfelähnlich. Metallischer Habitus, spaltbar und spröde, lassen sich nicht mit dem Hammer ausschlagen.

Arsen As	$a:c = 1:1{,}4013$	Wismuth Bi	$a:c = 1:1{,}3036$
Antimon Sb	$= 1:1{,}3236$	Tellur Te	$= 1:1{,}3298.$

Arsen. Arsenik, Scherbenkobalt. As.

Hexag., rhomboedrisch-hemiedr. $a:c = 1:1{,}4013$ (v. Zepharovich). XX, natürliche selten, schlecht messbar, würfeliger oder nadeliger Habitus. $(10\bar{1}1) + R$ mit 85° 6′, $(01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$, $(0001) oR$. Zw. nach $(01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$. — Derb, oft dicht, glaskopfartig (Scherbenkobalt) mit schaligem Aufbau und häufigen blattdünnen Zwischenlagen von silberweissem Arsensilber, in kleintraubigen und nierigen Massen, zuweilen in dünnen, nadeligen Stalaktiten eingewachsen in Kalkspath.

$(0001) oR$ vollkommen, $(01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$ unvollkommen, Br. der derben Partien oft sehr feinkörnig und dicht. Spröde. H. = 3—4, G. = 5,6—5,8. Mgl., undurchs., auf frischem Br. licht bleigrau, aber schnell dunkel bleigrau bis schwarz anlaufend, gleiches gilt vom Strich.

Gediegen Arsen, oft mit Ag, Fe, Sb, Bi, Co, Ni und Au. — V. d. L. verflüchtigt es sich mit weissem, jedoch von der Flamme leicht vertreibbarem Beschlag und mit knoblauchartigem Geruch.

Findet sich auf Erzgängen neben Silber- und Kobalterzen. St. Andreasberg, Erzgebirge (Schneeberg, Johann-Georgenstadt, Marienberg, Freiberg, Joachimsthal etc.), Přibram in Böhmen, Wittichen im Schwarzwald, Markirch in den Vogesen, Kongsberg; Chile mehrorts.

Arsenolamprit. (Arsenglanz, Hypotyphit), eine zweite Modification von As. Krystallsystem (?), bildet stenglig-blätterige Aggregate und erinnert durch seine vollkommene #, seinen starken Mgl. und seine bleigraue Farbe an Molybdänglanz, in derberen Stücken auch an Bleiglanz. H. = 2, G. = 5,3—5,5. Beschlägt sich mit Realgar und Auripigment. Enthält Bi und S. Brennt v. d. L. auf Kohle entzündet von selbst fort. Grube Palmbaum bei Marienberg im Erzgebirge; Copiapó in Chile.

Antimon. Sb.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedr. $a:c = 1:1{,}3236$ (Laspeyres). XX selten, mit würfeligem oder tafeligem Habitus, scheinbar einfach, aber durchweg Vierlings- und Sechslingskrystalle der Combination $(10\bar{1}1) + R$ mit 87° 7′, $(10\bar{1}4) + \frac{1}{4}R$, $(0001) oR$, wobei $(01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$ als Zw.-Fläche dient. — Gewöhnlich in derben, späthigkörnigen und blätterigen Massen, eingesprengt, zuweilen nierenförmig.

$(0001) oR$ vollkommen, $(02\bar{2}1) - 2R$ deutlich; gleitet nach $(01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$. Br. uneben. Spröde. H. = 3—3½, G. = 6,6—6,7. Mgl.,

undurchs. Farbe zinnweiss, zuweilen gelblichbraun oder graulich angelaufen. Str. bleigrau, schwach metallisch schimmernd.

Enthält zuweilen etwas Ag, As oder Fe. — V. d. L. leicht schmelzbar, färbt die R.-F. bläulichgrün und beschlägt die Kohle weiss. Die erstarrende Schmelzkugel überzieht sich mit weissen glänzenden XX von Sb_2O_3. — In Königswasser löslich, die Lösung wird durch Wasser getrübt.

Nicht häufig. Vorkommen auf Erzgängen, gewöhnlich neben Antimonit und in Begleitung von Ag- und As-Mineralien. St. Andreasberg, Přibram, Allemont, Sala in Schweden, Sarawak auf Borneo, Queensland, Canada. — Aehnlich: Antimonarsen, Antimonsilber.

Allemontit (Antimonarsen). Isomorphe Mischung von Sb und As, wobei bald Sb, bald As an Menge vorwiegt. In nierenförmigen, derben Massen von krummschaliger oder feinkörniger Structur, die in Farbe und Glanz dem Antimon gleichen. H. = 3—4, G. = 6,2. Allemont, St. Andreasberg, Přibram, Californien.

Wismuth. Bi.

Hexagonal, rhomboedr.-hemiedrisch. $a : c = 1 : 1{,}3036$ (G. Rose). XX selten (Schneeberg), mit würfeligem Habitus. $(10\bar{1}1)+R$ mit 87° 40′, $(0001)\,oR$, $(02\bar{2}1)-2R$. Zw. nach $(01\bar{1}2)-\frac{1}{2}R$. Gestrickt, baumförmig, federartig, in Plättchen und Blechen oder derb in blätterigen und körnigen Aggregaten.

$(0001)\,oR$ vollkommen, deutlich nach $(02\bar{2}1)-2R$; gleitet nach $(01\bar{1}2)-\frac{1}{2}R$. Spröde, aber schneidbar, jedoch nicht dehnbar. H. = 2—2½, G. = 9,7—9,8. Mgl., undurchs., röthl. silberweiss, oft bunt anlaufend. Str. bleigrau, metallisch schimmernd. Stark diamagnetisch.

Enthält Spuren von As, S, Te. — Schmilzt sehr leicht (bei ca. 265°, daher zu leicht schmelzbaren Legirungen verwendet), v. d. L. vollständig flüchtig, heiss ein orangegelber, kalt citronengelber Beschlag auf Kohle. Aus salpetersaurer Lösung durch viel Wasser als weisser Niederschlag gefällt.

Nicht häufig; besonders gern auf silberhaltigen Kobaltgängen, namentlich des Gneissgebirges. Speiskobalt, Kobaltglanz und Wismuthglanz sind gewöhnliche Begleiter; gern auch auf Zinnerzgängen. Im Erzgebirge Schneeberg, Annaberg, Johann-Georgenstadt, Joachimsthal; zu Altenberg im Zinnstockwerk. Im Schwarzwalde von Wittichen und Schapbach; bei Bieber in Hessen. Modum in Norwegen, Bisperg und Broddbo in Schweden. Cornwall. Tazna und Illampa in Bolivien. Tasmanien und Neu-Südwales. — Auch bei Hasserode im Harz vorgekommen. — Aehnliche Mineralien cfr. Rothnickelkies.

Tellur Te. Hexagonal, rhomboedr.-hemiedrisch. $a : c = 1 : 1{,}3298$ (G. Rose). — XX selten, mit prismatischem Habitus, $(0001)\,oR$ und $(10\bar{1}0)\infty R$, $(10\bar{1}1)+R$ mit

86° 57′. — Derb und eingesprengt. — # ∞R vollkommen, oR unvollkommen, spröde, aber schneidbar; H. = 2—3, G. = 6,1—6,3. Mgl., zinnweiss. Enthält etwas Fe und Au, schmilzt v. d. L. leicht, färbt die Flamme grün, raucht stark und giebt einen weissen Beschlag; farblose Tropfen in der einseitig offenen Glasröhre. Sehr selten, Begleiter des Goldes auf Gängen. Grube Zalathna in Siebenbürgen, auf mehreren Gruben in Colorado, z. B. Red Cloud-Grube in Californien.

Selentellur (Te Se). Derb mit prismatischer #. Spröd. H. 2. Schwärzlichgrau. Str. schwarz. Mgl., undurchs. Honduras.

3. Abtheilung. **Metalle.**

Regulär, holoedrisch; ausgezeichnet durch hohes specifisches Gewicht, durch hakigen Bruch und Geschmeidigkeit, in Folge dessen Spaltbarkeit nur selten, z. B. beim Eisen beobachtet wird. Ein Theil wird seiner sonstigen Eigenschaften wegen als Edelmetalle bezeichnet.

Isomorphe Gruppe der geschmeidigen Schwermetalle.

Gold. Au.

Regulär, holoedrisch. — XX (Verespatak, Barberton, Victoria etc.), gewöhnlich verzerrt und nicht glattflächig. *(111)O*, *(100)∞O∞*, *(110)∞O* allein oder in Combination unter sich bezw. mit *(211)2O2*, *(210)∞O2*, *(311)3O3*. Häufig zu skeletartigen, baumartigen, traubigen Gruppen verwachsen. Zw. nach *(111)O*, häufig wiederholt und reihen- oder federartig gruppirt; dabei verkürzen sich die Individuen in der Richtung der Zw.-Axe und werden nach der Zw.-Fläche plattig. — Zumeist jedoch derb, ein- und aufgewachsen, eingesprengt und als Anflug, sowie sehr häufig lose. In unregelmässigen oder ellipsoidischen, löcherigen Klumpen [1]) und Körnern, in zerhackten, traubigen, gestrickten, draht- und moosförmigen Partien; in Platten, Blechen, Schuppen und Schüppchen.

Br. hakig, sehr dehnbar, lässt sich vom Hammer zu Plättchen treiben, was ein sehr wichtiges Kennzeichen abgiebt. H. = $2^1/_2$—3, G. = 15,6—19,3; reines geschmolzenes Gold 19,28. Mgl., in dünner Schicht grün durchscheinend; gold- bis messinggelb, auch speis- und lichtgelb. Str. metallglänzend, goldfarben. Greift sich warm an.

Au mit stetem Gehalt an Ag (2—20 % und darüber), daneben wohl etwas Fe, Cu, Bi etc. Das lichtere, 25—28 % Ag enthaltende G. heisst Electrum (von Verespatak in Siebenbürgen, Schlangenberg im Altai u. a. O.), selten enthält es Pd (Palladiumgold oder Porpezit

[1]) Die Goldklumpen (nuggets) entstammen den Seifen und haben z. Th. beträchtliches Gewicht. Die grössten Goldfunde sind der Reihe nach: 1. Goldfund von Chile, vertreten auf der Londoner Ausstellung 1851 im Gewicht von 153,16 kg; 2.—6. 5 Goldfunde von 1858 in Victoria 83,95, 68,80, 68,40, 54,46, 50,37 kg: 7. Neu-Südwales 1851 von 39,31 kg; 8. ebendaher, gab nach dem Ausschmelzen 36,86 kg; 9. Ural 1842 von 36,04 kg; 10. Californien 35,63 kg; 11. Sibirien (Spasso-Preobrashenskische Wäscherei) 1898 von 30,40 kg. — Nr. 9 u. 11 sind nicht eingeschmolzen und werden im St. Petersburger Berginstitut aufbewahrt.

von Porpez in Brasilien), sowie Rh (Rhodiumgold oder Rhodit von Mexico). — V. d. L. leicht schmelzbar, beigemengtes Ag trübt die Phosphorsalzperle; in Königswasser unter Abscheidung von AgCl löslich; löslich auch in Chlorgas, worauf sich der Plattnerprocess gründet, und in fein vertheiltem Zustande in Cyankalium (Cyanidprocess). Wird vom Quecksilber zu Amalgam gelöst.

Wichtigstes Golderz; gegen das Vorkommen als ged. Gold treten die wenigen und seltenen sonstigen Goldmineralien und die goldhaltigen Kiese, Fahlerze, Silbererze, Bleiglanze etc. zurück. Verbreitung ausserordentlich weit, wenn auch oft nur in Spuren. Die intensive und hastige Gewinnung erschöpft die Lagerstätten sehr bald, sodass die Länder alter Cultur nur noch arm daran sind.

Arten des Vorkommens. G. als edles und leicht reducirbares Metall findet sich nicht bloss am Ausgehenden seiner Lagerstätten, sondern auch in grösseren Tiefen. Doch hat man überall die Erfahrung gemacht, dass in der Tiefe eine Vermehrung der goldhaltigen Kiese und Sulfide auf Kosten des ged. Goldes eintritt. Daher die häufige Verarmung der Gruben nach unten und die Abhängigkeit der Gewinnungsprocesse von der Tiefe. — Es lassen sich 2 Hauptarten des Vorkommens unterscheiden:

1. Seifengold (Waschgold), die Form, in der das Gold zuerst die Aufmerksamkeit erregt. Begleiter sind die gewöhnlichen Seifenmineralien, wie Quarz, Korund, Zirkon, Spinell, Granat, Cyanit, Magnetit, gelegentlich Platin und Diamant. Hierher gehören nicht nur die Alluvionen der heutigen Thalniederungen, sondern, wie in Californien und Australien, auch hochgelegene, z. Th. von Basalten überdeckte Flussschotter tertiären Alters. Reiche Fundorte sind die Seifen von Californien, neuerdings von Alaska im Gebiet des Yukon-Flusses (Klondyke), in Columbia, von Australien, von Sibirien etc.; in spärlicher Menge ist es enthalten in den Sanden des Rheins, der Edder, schlesischer und anderer deutscher Flüsse. — Das G. der Seifen muss sich z. Th. aus Lösungen und concretionär abgeschieden haben, worauf die eigenthümliche löcherige Form und die Grösse vieler Funde hinweist.

2. Berggold. Abgesehen von dem G., das in vereinzelten Fünkchen eingesprengt in manchen Eruptivgesteinen, in Graniten und Dioriten des Urals, in Andesiten Siebenbürgens, gelegentlich in Serpentin und auf Kieslagerstätten (Rammelsberg, Fahlun, Huelva) vorkommt, findet sich G. primär:

a) Auf Gängen und Trümmern in allen Formationen, namentlich aber in krystallinischen und paläozoischen Schiefern und in Eruptivgesteinen des verschiedensten Alters und der verschiedensten Art. Quarz von eigenthümlichem Aussehen ist die nie fehlende Gangart, gewöhnliche Begleiter sind Schwefel- und Arsenkiese, häufig Silbererze, auch Bleiglanz

und Antimonit und an einzelnen charakteristischen Fundorten Tellurmineralien, sowie Manganspath. Wichtige Gewinnungsgebiete sind die Contactgänge Californiens, der Comstock-lode in Nevada, die Gänge von Mexico, des Murchisondistricts und von Coolgardie in Westaustralien, die Ballarat-Goldfelder in Victoria, ebenda die merkwürdigen Lagergänge von Bendigo und die seltsame, an Mächtigkeit unübertroffene Lagerstätte des Mt. Morgan in Queensland. Ferner die Gänge des Barbertondistricts in Transvaal, von Beresowsk im Ural und die mit tertiären Eruptivgesteinen (Grünsteintrachyten) verknüpften Gänge Ungarns: Golddreieck Siebenbürgens (Brád, Boicza, Nagyág, Verespatak, Offenbánya), im Bergbezirk von Nagybánya und von Schemnitz-Kremnitz, analog von der Nordküste von Celebes.

b) Flötzartig in Sandsteinen und Conglomeraten. Dahin das grossartigste und über einen grossen Flächenraum ausgedehnte muldenartige Vorkommen vom Witwatersrand in Transvaal (Johannesburg), wo zahlreiche Conglomeratflötze von wenigen Centimetern bis mehreren Metern Mächtigkeit mit Sandsteinen paläozoischen Alters wechsellagern und im Bindemittel der Quarzkiesel und auf deren Haarklüften ged. Gold enthalten.

c) Auf Goldquarzlagern und Linsen in krystallinischen und paläozoischen Schiefern. Atlantische Staaten Nordamerikas (Georgia, Carolina), goldführende Itakolumite Brasiliens, Heinzenberg in Tirol, rheinisches, thüringisches und schlesisches Schiefergebirge.

Die Gesamtproduction des G. in 1897 betrug 359000 kg Rohgold. Daran waren betheiligt die Vereinigten Staaten incl. Alaska mit ca. 25 %, Australien und Transvaal je mit ca. 20 %, Russland und Sibirien mit ca. 15 %. Der Rest von 20 % entfiel auf die übrigen Länder, namentlich auf Mexico, Indien, China, Columbia, Canada, Brasilien. — In 1901 betrug die Gesamtausbeute 398500 kg, wovon die Ver. Staaten mit Alaska 30 %, Australien 29 %, Russland incl. Sibirien, sowie Canada je fast 10 %, dagegen Transvaal nicht ganz 2 % lieferten. — In Europa ist Siebenbürgen das wichtigste Goldgebiet; es producirte zusammen mit dem übrigen Ungarn 1901 3270 kg. Wesentlich aus fremden Erzen erzeugt Deutschland jährlich ca. 2500 kg.

Aehnlich alle goldgelben Mineralien wie Pyrit, Kupferkies etc., aber stets leicht erkennbar an der Hämmerabrkeit.

Silber. Ag.

Regulär, holoedrisch. — XX (besonders schön von Kongsberg) vorherrschend (*100*)∞O∞, daneben (*111*)*O*, (*110*)∞*O*, (*210*)∞*O2* etc., einfach oder in Combination, gewöhnlich verzerrt und Krystallflächen oft facettirt. Zw. nach (*111*)*O*, auch in Form eingelagerter Lamellen. Nach der Zw.-Fläche unter Verkürzung der Individuen oft plattenartig verbreitert. Dendritische und federartige Gruppirung, wobei rechtwinklige Abzweigungen auf Parallel-, solche unter 60° auf Zwillingsverwachsung zurückzuführen sind. — Zumeist derb, in Nestern, eingesprengt, als Anflug; in Blechen, Platten, gerundeten, löcherigen, auch zackigen Klum-

pen; ferner strähnig, zahnartig, gekrümmt und in einander verschlungen, moos- und haarartig. Pseudomorphosen nach Silberglanz, Rothgültig und Sprödglaserz.

Br. hakig, sehr dehnbar. H. = $2\frac{1}{2}$—3, G. = 10—12, gegossen 10,478, gehämmert 10,6. Mgl., in dünner Schicht blau durchscheinend. Silberweiss, gewöhnlich aber gelblich, braun, grau und schwarz angelaufen. Str. metallglänzend, silberweiss.

Ag, doch gewöhnlich mit Beimischung von Au; das güldische Silber von Kongsberg enthält bis zu 28 % Au; ferner von Cu, Hg, Fe, Pt, As, Sb. — V. d. L. leicht schmelzbar, in Salpetersäure und concentrirter Schwefelsäure löslich.

Nicht selten auf Silbererzgängen neben Silber-, Blei- und Arsenmineralien und Kalkspath, Quarz, Schwerspath, Flussspath als Gangarten; besonders am Ausgehenden, aber auch eingesprengt und nesterartig in der Tiefe. Die reichen und Aufsehen erregenden Funde, wie sie im 16. Jahrhundert im Erzgebirge (Freiberg, Schneeberg, Marienberg, Annaberg), später in Peru, Chile, Mexico, in den Vereinigten Staaten gemacht worden sind, gehören fast alle dem „eisernen Hut" an. Fundorte und nähere Angaben über das Vorkommen des S. siehe beim Rothgültig; besondere Erwähnung verdient an dieser Stelle nur Kongsberg in Norwegen seiner schönen Krystalle wegen. — Sonst noch als Begleiter auf Goldquarzgängen und des gediegenen Kupfers auf dessen Lagerstätten am Lake Superior. — Nicht auf Seifenlagerstätten.

Das Vorkommen am Lake Superior, sowie Pseudomorphosen nach Silberglanz, Rothgültig und Sprödglaserz werden in genetischer Hinsicht von Bedeutung. — Von ähnlichen silberweissen Mineralien, wie Antimonsilber etc. durch seine Hämmerbarkeit leicht unterschieden.

Totalproduction an Silber in 1897 rund $5\frac{1}{2}$ Millionen kg, woran die Vereinigten Staaten und Mexico je mit ca. 30 %, Australien mit 10 %, Bolivien und Deutschland (z. Th. fremde Erze) je mit ca. 8 %, Spanien und Chile je mit ca. 2—3 % participirten. 1901 betrug bei gleicher Gesamtproduction die Betheiligung der Ver. Staaten 34 %, von Mexico 30 %, von Südamerika (Bolivien, Peru, Chile) 14 %, Australien 6 %, Spanien und Deutschland je 3 %.

Quecksilber. Hg.

Regulär, holoedrisch. — Wird bei —40° fest und krystallisirt dann in Oktaedern. — Findet sich in winzigen Tropfen auf Zinnober, seltener in grösserer Menge (Quarzgeoden von Californien); zuweilen bringen es die Quellen ans Tageslicht.

G. = 13,5—13,6. Zinnweiss, leichter oxydirbare Beimengungen bilden eine graue Haut. Mgl., siedet bei 357°.

Enthält gewöhnlich etwas Ag. — V. d. L. leicht verflüchtigt.

Sehr untergeordnet auf Zinnoberlagerstätten: Idria, Almadén, Moschellandsberg in der Rheinpfalz, Avala in Serbien, San José in

Californien, Huancavelica in Peru. Merkwürdig und durch menschliches Zuthun zu erklären das Vorkommen in ganz jugendlichen Ablagerungen, z. B. im diluvialen Lehm von Sülbeck bei Lüneburg und anderswo. — Production an Quecksilber siehe unter Zinnober.

Amalgam. (Hg, Ag).

Regulär, holoedrisch. — Flächenreiche XX von Moschellandsberg mit vorherrschendem *(110)∞O* und *(211)2O2*, untergeordnet *(111)O*, *(100)∞O∞* und *(310)∞O3* etc. — Sonst eingesprengt in Körnern, Platten und als Anflug. — Spröde; H. = 3—3½, G. = 13,7—14,1. Mgl., silberweiss.

Hg und Ag in wechselnden Verhältnissen (25—36 % Ag). Hinterlässt v. d. L. ein Silberkorn.

Selten auf Zinnoberlagerstätten: Moschellandsberg, Almadén — gelegentlich auch anderswo, Friedrichssegen bei Oberlahnstein, Szlana in Ungarn, Chañarcillo in Chile.

Arquerit, ein Amalgam mit 86,5—95 % Ag; gleicht dem gediegenen Silber. Arqueros bei Coquimbo in Chile; Britisch Columbien, Kongsberg (Kongsbergit, 95 % Ag).

Goldamalgam enthält neben einigen Procent Ag ca. 40 % Au; zerdrückbar, auch flüssig. Auf Pt-Seifen Columbiens; in Californien.

Blei Pb, künstlich regulär krystallisirend, in der Natur nur in Form von Blechen, Platten und Körnern, haar- und drahtförmig vorkommend, eingesprengt und lose. H. = 1½, G. = 11,4. Bleigrau, schwärzlich angelaufen. — Nur wenige Fundorte sind verbürgt, dahin ½ cm dicke Bleche aus manganreichen Eisenerzlagern von Pajsberg und Nordmarken in Schweden, lose Körner aus den Goldseifen Siebenbürgens, vom Ural und Altai.

Gediegen Zinn wird angegeben als mit Gold zusammen vorkommend von Miask und Guyana, mit Wismuthspath von Guanajuato in Mexico.

Zink Zn. Hexagonal (rhomboedrisch?). Natürliches Vorkommen zweifelhaft; soll in Victoria auf Drusen eines Basaltes, in Neu-Südwales und in Neuseeland als Geröll vorgekommen sein.

Kupfer. Cu.

Regulär, holoedrisch. — XX (schön vom oberen See, Bogoslowsk) *(111)O*, *(100)∞O∞*, *(110)∞O*, daneben *(210)∞O2*, *(311)3O3*, einfach und in Combination, gewöhnlich sehr stark verzerrt und uneben. Zw. nach *(111)O*, häufig skeletartige oder ästige Formen bildend. — Zumeist derb und eingesprengt, als Anflug, dendritisch, moos- und eisblumenartig, in Blechen, Platten, Körnern und Klumpen; vereinzelt als Geröll; in seltenen Pseudomorphosen nach Kalkspath, Aragonit und Cuprit.

Br. hakig, sehr dehnbar. H. = 2½—3, G. = 8,5—9 (gegossen 8,83, gewalzt 8,95). Mgl., in dünner Schicht grün durchscheinend. Kupferroth, oberflächlich dunkler angelaufen und häufig mit braunen, schwarzen, grünen und blauen Verwitterungsrinden überzogen; Str. metallglänzend, kupferroth.

Enthält gewöhnlich keine oder nur geringe Beimengungen von Ag,

Bi etc. — V. d. L. schmilzt es leicht und bedeckt sich mit schwarzem Oxyd. In Säuren leicht löslich, die Lösung wird durch Ammoniak tief blau gefärbt.

Kupfer reducirt sich leicht aus seinen Lösungen und ist daher ein weit verbreitetes, wenn auch nur selten massenhaft auftretendes Mineral auf Kupfererzlagerstätten aller Art und in deren Nebengestein. So erscheint Kupfer, vielfach als jugendliche Bildung, auf den Gängen im Siegenschen, bei Rheinbreitbach, in Cornwall, vielorts in Südamerika, Wallaroo in Australien; auf den Contactlagerstätten des Banats (Szaszka und Moldowa), auf Klüften und im Nebengestein von Kieslagern (Fahlun, Provinz Huelva), auf Schichtenfugen und Klüften der Kupfersandsteine im Gouvernement Perm und in besonders grosser Masse zu Corocoro in Bolivien. — Unter den selbständigen Lagerstätten des ged. Kupfers haben diejenigen der Keweenaw-Halbinsel des Lake Superior eine ausserordentliche technische Bedeutung. An präcambrische Eruptivgesteine geknüpft, tritt hier das Kupfer neben ged. Silber, Kalkspath, Quarz, Prehnit und verschiedenen Zeolithen theils auf echten Gängen, theils als Cement einer Quarzporphyrbreccie, als Ausfüllung der Blasenräume eines Melaphyrmandelsteins oder auf der Grenze des letzteren mit zwischengelagerten Sandsteinen auf. Von Staub- bis Schrotkorngrösse findet es sich hier bis zu Massen von einer halben Million Kilogramm und darüber. Die Hauptgruben sind gegenwärtig die Calumet und Hekla-Mine, die Tamarack-Mine und die Peninsular-Mine im Portagedistrict. — Selbständig erscheint nicht selten Kupfer nesterartig im Thon, so in grösserer Masse mit Malachit bei Bogoslowsk und Nischne-Tagilsk.

Totalproduction an Kupfer in 1901 ca. 532000 t, davon die Ver. Staaten, namentlich Montana, Michigan, Arizona mehr als 50 %, Spanien und Portugal, namentlich Rio Tinto ca. 10 %, Australien, Chile und Mexico (Boleo) je ca. 6 %, Japan ca. 5 % und Deutschland (Mansfeld) ca. 4 % lieferten.

Eisen. Tellurisches Eisen. Fe.

Regulär. — XX nicht bekannt, doch ist aus der Form des künstlichen und des meteorischen Eisens auf das reguläre System zu schliessen. — Derb, eingesprengt, in Körnern, Schüppchen, Platten und Klumpen.

(100)∞O∞ vollkommen; Br. hakig, dehnbar. H. = 4½—6, G. = 7,88 (rein). Mgl., glänzender Str. Stahlgrau bis eisenschwarz; magnetisch.

Fe, mit Beimischung von C, Cu, Pb, auch Ni. — V. d. L. unschmelzbar; in den gewöhnlichen Säuren löslich.

Vorkommen selten und zumeist zweifelhaft. Als staubförmige Imprägnation in Basalten, durch die elektrolytische Ausfällung winziger Kupfermengen aus Kupfervitriol nachweisbar. Als besondere Fundorte, an denen das Mineral jedoch nur in geringster Menge vorkommt, werden angegeben: Laven der Auvergne, Schwefelkiesknollen im Keuperkalkstein

von Mühlhausen in Thüringen, im Plänerkalk zu Chotzen in Böhmen; dagegen in verschiedenster Beziehung besonders bemerkenswerth die grossen, z. Th. Hunderte von Centnern schweren Klumpen von Ovifak auf der Insel Disko an der Westküste Grönlands. Dieselben sind in Basalt eingebettet, enthalten C, Ni, Co, S und P und wurden anfänglich von Nordenskiöld *für meteorischen Ursprungs angesehen.*

Meteorisches Eisen, häufig für sich als Eisenmeteorit in derben, löcherigen Massen und Klumpen, oder eingesprengt in Steinmeteoriten. Es enthält fast stets Ni in Mengen bis 20% und darüber, aber nicht in gleichmässiger Vertheilung, sondern lamellar angereichert. Die Lamellen sind nach den Oktaederflächen angeordnet, durchkreuzen sich und bedingen einen feinschaligen Aufbau, der beim Aetzen mehr oder minder deutlich hervortritt (Widmanstätten'sche Figuren). Wegen des wechselnden Ni-Gehaltes dieser Lamellen und der zwischenliegenden Eisensubstanz hat man unterschieden: Kamazit, Balkeneisen, ist nickelärmer und bildet die Lamellen, Tänit, Bandeisen, nickelreicher, umsäumt die Lamellen und Plessit, Fülleisen, setzt die Ausfüllung zwischen den Lamellen zusammen. Ausser Ni findet sich Co, Cr, Si, S, H, namentlich aber noch C (als Graphit, vereinzelt als Diamant oder gebunden als Kohlenstoffeisen: Cohenit und Chalypit) und P. Ihrer Fallzeit nach bekannte Meteoreisen sind spärlich, weit reichlicher die aus ihrer Beschaffenheit als meteorisch zu deutenden Vorkommnisse. Es finden sich Klumpen von bedeutender Grösse (170 Ctr. am Fluss Bendegô in Brasilien, ja mehr als 300 Ctr., Olumba in Peru). Besonders häufig erwähnt wird das sibirische Pallaseisen, das Eisen von Toluca in Mexico, von Braunau in Böhmen (1845), von Hraschina bei Agram (1751).

Nickeleisen (Awaruit, Josephinit, Oktibbehit), Legirung von Fe mit Ni. Aus den Olivingesteinen Neuseelands, von Biella in Piemont etc.

Schreibersit, besteht aus Fe, Ni und P in schwankenden Verhältnissen, z. Th. auf die Formel Fe_4Ni_2P führend, bildet zinnweisse Blättchen, namentlich in manchen nordamerikanischen Meteoreisen oder als Rhabdit, feine Nädelchen im Eisen von Braunau bildend.

Isodimorphe Gruppe der Platinmetalle.

Die Mineralien dieser Gruppe krystallisiren regulär und hexagonal, doch kennt man nur von einem derselben, dem Palladium, beide Formmodificationen, für die übrigen muss die Dimorphie aus den isomorphen Mischungen, in denen die einzelnen Glieder in der Natur häufiger als im reinen Zustande auftreten, gefolgert werden. Die regulären Glieder sind dehnbar mit hakigem Bruch, die hexagonalen spröde und spaltbar.

Reguläre Reihe (holoedrisch).	**Hexagonale Reihe** (rhomboedr.-hemiedr.).
Platin Pt	Iridosmium (Os, Ir) } a : c = 1 : 1,4105
Eisenplatin (Pt, Fe)	Osmiridium (Ir, Os) }
Platiniridium (Pt, Ir)	Allopalladium Pd
Iridium (Ir, Pt)	
Palladium Pd	

Platin. Pt.

Regulär, holoedrisch. — XX selten; *(100)*$\infty O \infty$, vereinzelt *(111)O*, *(110)*∞O und verschiedene Tetrakishexaeder. Gewöhnlich in schuppigen

oder eckigen Körnern, in löcherigen, abgerollten oder unregelmässigen Klumpen und Klümpchen wie beim Golde.

Br. hakig, sehr dehnbar. H. = 4—5, G. = 14—19; reines, künstlich gewonnenes Pt 21,5. Mgl., stahlgrau ins Silberweisse; ebensolcher Str. Zuweilen polarmagnetisch.

Pt, jedoch stets mit wesentlichen Beimengungen von Fe (4—19 %, sogen. Eisenplatin) und den sonstigen Platinmetallen, die dem natürlichen Mineral den Namen Polyxen eintrugen. Daneben auch etwas Cu und zuweilen Au. Das an Ir reiche Pt unterscheidet man wohl als Platiniridium. — V. d. L. unschmelzbar; schmelzbar im Knallgasgebläse und schweissbar; im heissen Königswasser allein löslich.

Selten, eingesprengt mit Gold auf Quarzgängen (Antioquia in Columbien) oder als magmatische Ausscheidung mit Chromit und Serpentin aus ursprünglichen Olivingesteinen (Nischne-Tagilsk, Neu-Seeland). Zumeist lose auf Seifen, herrührend aus Olivingesteinen, neben den übrigen Platinmetallen, ferner neben Gold, Chromit, gelegentlich auch Diamant und den sonstigen Seifenmineralien. Columbien, Minas Geraës in Brasilien, die Antilleninsel Santo Domingo, Californien, Britisch Columbien, Borneo. Namentlich an vielen Fundorten zu beiden Seiten des Urals, so auf dessen Westseite im Bezirk Nischne-Tagilsk und Bissersk, auf der Ostseite Bogoslowsk, Kuschwinsk, Newjansk, Miask etc. Als Seltenheit gefunden in den Rheinsanden, in den Goldwäschen von Oláhpian in Siebenbürgen, in den französischen Alpen zu St. Aray, in Californien etc.

Platin wurde zuerst aufgefunden 1735 durch Ulloa in den Goldsanden des Flusses Pinto in Columbien und kam 1741 nach Europa. 1822 wurde es am Ural, dessen südlicher Theil zur Zeit das wichtigste Productionsgebiet ist, entdeckt und woher Klumpen von 8,33 und 9,62 kg bekannt sind. Die jährliche Ausbeute beträgt rund 6000 kg. Als Münzmetall fand Platin von 1826—1844 in Russland Verwendung.

Iridium Ir. Regulär. Kleine lose XX sehr selten, (*100*)∞O∞ mit (*111*)*O*; kleine runde Körnchen. ⋕ (100) in Spuren. Br. hakig. Starker Mgl., silberweiss. H. = 6—7, G. = 22,6—22,8. — Ir mit Pt, Pd, Cu. Noch strengflüssiger als Pt, unlöslich in Königswasser. — Das seltenste der Pt-Mineralien. Auf Pt- und Goldseifen. Nischne-Tagilsk, Ava in Ostindien. — Das internationale Metermaass zu Paris besteht aus 9 Pt + 1 Ir.

Palladium Pd. Regulär und rhomboedrisch. Die reguläre dehnbare Modification findet sich in kleinen losen Körnern, sehr selten in XX, mit Pt in Brasilien, Santo Domingo, Ural. Die Farbe ist lichtstahlgrau, H. = 4½—5, G. = 11,3—11,8; enthält etwas Pt und Ir, v. d. L. unschmelzbar, in Salpetersäure löslich. — Die hexagonale spröde Modification (Allopalladium) findet sich in sehr kleinen sechsseitigen Tafeln von starkem Glanz auf Trümmern von Bitterspath im Diabase von Tilkerode am Harz.

Iridosmium (Sysserskit) und Osmiridium (Newjanskit) sind rhomboedrische Legirungen von Ir und Os in wechselnden Verhältnissen, mit Beimischungen von Pt, Rh und Ru. Sie erscheinen in kleinen tafeligen XX mit basischer ⋕ und H. = 7. Das erstere ist das an Ir reichere Mineral, es ist bleigrau, daher Dunkles Osmiridium, das andere ist zinnweiss, daher Lichtes Osmiridium. Ural, Brasilien.

II. Klasse. Sulfide und analoge Verbindungen.

Schwefel-, Arsen-, Antimon-, Wismuth-, Selen- und Tellur-Verbindungen.

Dieser Klasse gehören alle sauerstofffreien Verbindungen der Metalle mit S, As, Sb. Bi, Se und Te an. Sie sind physikalisch durchweg durch metallischen erzartigen Habitus, hohes spec. Gewicht und zumeist auch durch Undurchsichtigkeit ausgezeichnet. In technischer Hinsicht bilden sie die wichtigste Mineralklasse, da unter ihnen sich die hauptsächlichsten Erze, abgesehen von denen des Eisens, Mangans und Zinns, befinden. — Die ältere, den äusseren Habitus allein berücksichtigende Eintheilung in Kiese, Glanze und Blenden hat heute insofern noch Werth, als die deutschen Namen damit einigermassen correspondiren und demnach die Namensermittlung erleichtert wird.

1. Die Kiese haben ausgeprägt metallisches Ansehen, durchweg lichte Charakterfarbe (gelb, röthlich, aber auch weiss und lichtgrau), dunklen Strich, relativ grosse Härte (5—6), sind nicht spaltbar und in der Hauptsache Verbindungen von Fe, z. Th. neben Cu, ferner von Ni und Co mit S, As und Sb.

2. Die Glanze besitzen ebenfalls deutlich metallischen Habitus, haben aber durchweg graue dunkle Farben, dunklen Strich, meist geringe Härte (1—3), sind milde und öfters vollkommen spaltbar. In der Hauptsache sind es Verbindungen von Pb, Ag, Cu mit S, Se und Te.

3. Die Blenden haben nur halbmetallischen Habitus, sind in dünner Schicht durchsichtig bis durchscheinend, manchmal ohne Charakterfarbe; lichter oder gefärbter, kein dunkler Strich; spaltbar, spröde, geringe Härte und mannichfache Zusammensetzung.

Diesen 3 Gruppen kann man füglicherweise noch anreihen:

4. Fahle, metallischer Habitus, dunkelgraue Farben, schwarzer Strich, geringe Härte, nicht spaltbar und spröde. Chemisch gehören hierher eine Reihe von Sulfosalzen.

Für die nachfolgende Aufzählung bildet die chemische Constitution das Eintheilungsprincip.

1. Abtheilung. Sulfide etc. der Metalloide

(sogen. säurebildende Sulfide; Sulfosäuren).

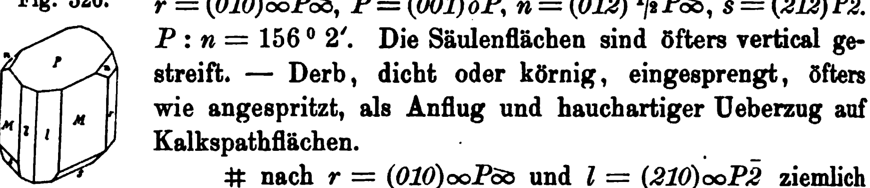
Die hierher gehörigen Mineralien sind die Sulfide der unter Abtheilung 2 der Elemente beschriebenen Sprödmetalle. Chemisch sind sie dadurch charakterisirt, dass sie in den Sulfosalzen die Rolle des Säurebestandtheils spielen, daher werden sie wohl kurz, wenn auch nicht präcis, als Sulfosäuren bezeichnet.

Realgar. Rauschroth. Rothe Arsenblende. AsS bezw. As_2S_2.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 1{,}4403:1:0{,}9729.$ $\beta = 113^{\circ}\,55'$

(Marignac). Gute und grössere XX nicht häufig (Nagyag, Felsöbánya), gewöhnlich nur klein und mit kurz-, auch langsäuligem Habitus, einzeln aufgewachsen oder als Druse. Die häufigsten Formen sind $M = (110)\infty P$ mit 74° 26′, $l = (210)\infty P\bar{2}$ mit 113° 16′, $r = (010)\infty P\breve{\infty}$, $P = (001)oP$, $n = (012)\ {}^1\!/_2 P\breve{\infty}$, $s = (\bar{2}12)P\bar{2}$. $P : n = 156° 2′$. Die Säulenflächen sind öfters vertical gestreift. — Derb, dicht oder körnig, eingesprengt, öfters wie angespritzt, als Anflug und hauchartiger Ueberzug auf Kalkspathflächen.

Fig. 326.



nach $r = (010)\infty P\breve{\infty}$ und $l = (210)\infty P\bar{2}$ ziemlich vollk., aber wenig hervortretend gegenüber dem muscheligen Br., milde. H. = 1½–2, G. = 3,4 bis 3,6. Blendeartiger Diamantgl., auf dem Br. starker Fettgl., durchscheinend. Morgenroth, Farbe ändert sich am Licht und das Mineral überzieht sich mit gelblicher Rinde von As_2S_3; Str. orangegelb. Doppelbr. negativ, A.-E. parallel der Symmetrieebene.

70,1 As, 29,9 S. — V. d. L. leicht schmelzend und mit weisser Flamme unter starkem As-Geruch verbrennend; liefert im Kölbchen ein rothes Sublimat; in Kalilauge partiell löslich.

Namentlich auf Erzgängen, aber in untergeordneter Menge, neben Antimonit, Arsen-, Blei-, Silber- und Golderzen: Nagyág, Kapnik, Felsöbánya; auf Scherbenkobalt zu Joachimsthal, als Anflug auf Kalkspath von St. Andreasberg, als punktförmige rothe Flecke im Antimonit von Wolfsberg am Harz. Ferner mit Auripigment in Thonen von Tajowa bei Neusohl, in Phyllitten von Křešewo in Bosnien und Allchar in Macedonien; eingesprengt in den Dolomiten des Binnenthals; als Sublimat am Vesuv und an der Solfatara; als Absatz heisser Quellen im Yellowstone-Park.

Entsteht auch als zufälliges Hüttenproduct und auf brennenden Braun- und Steinkohlenhalden. Das in der Malerei und Feuerwerkerei verwendete Rauschroth (Rubinschwefel, Sandarach) ist zumeist künstlich zusammengeschmolzen und amorph. Wandelt sich, dem Licht ausgesetzt, allmählich in gelbes pulveriges Auripigment um. — Aehnliche Mineralien sind Rothgültig und Zinnober, eventuell Rothbleierz, aber durch den Strich leicht zu unterscheiden.

Auripigment. Operment. Rauschgelb. Gelbe Arsenblende. As_2S_3.

Rhombisch holoedrisch (?, vielleicht monoklin). $a : b : c = 0{,}60304 : 1 : 0{,}67427$ (Mohs). XX selten deutlich, klein, kurzsäulig, oft linsenförmig gekrümmt und zu kugligen Gruppen vereinigt. $b = (010)\infty P\breve{\infty}$ durch vollkommenste # und Perlmgl. ausgezeichnet, $m = (110)\infty P$ mit 117° 49′, $u = (120)\infty P\breve{2}$ mit 79° 20′, $o = (101)P\bar{\infty}$ mit 83° 37′, $a = (100)\infty P\bar{\infty}$ und noch einige andere Formen. Auf b Horizontal-, auf m und u Verticalstreifung. — Derb, eingesprengt und in Trümmern, in Spaltstücken, in

blätterigen, breitstengligen Aggregaten, in schaligen radialstrahligen Massen; knollig, traubig, nierförmig; in mehligen Anflügen und Ueberzügen.

nach *(010)∞P∞* sehr vollkommen; auf der Spaltfläche horizontale, auf Gleitung nach *(001)oP* beruhende Streifung. Milde, lässt sich schneiden, gemein biegsam. H. = $1^{1}/_{2}$—2, G. = 3,4—3,5. Blendeartiger Fettgl., auf der Spaltfläche Perlmgl. Durchscheinend, citronengelb, Str. gelb; pleochroitisch. A.-E. parallel *(001)oP*.

61 As, 39 S. — Beim Erhitzen roth werdend, v. d. L. wie Realgar, giebt aber im Kölbchen ein dunkelgelbes Sublimat; in Kalilauge völlig löslich.

Geologisches und örtliches Vorkommen dasselbe wie bei dem häufigeren Realgar, aus dem es häufig durch Umwandlung hervorgeht; entsteht auch bei der Verwitterung von Arsen, Proustit, Tennantit oder Enargit. Krystalle aus den Thonknollen von Tajowa bei Neusohl; grössere Massen von Allchar in Macedonien und Julamerk in Kurdistan. Winzige, als Dimorphin bezeichnete XX von der Solfatara in den phlegräischen Feldern scheinen nur A. zu sein.

Findet künstlich dargestellt als Malerfarbe (Königsgelb) Anwendung. Das erdige Pulver ähnelt Antimonocker.

Antimonitgruppe.

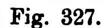
umfasst die Sesquisulfide von Sb und Bi, welche eine isomorphe Reihe bilden. Rhombisch, holoedrisch.

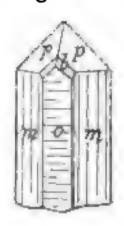
Antimonglanz Sb_2S_3.	$a : b : c$ =	0,99257 : 1 : 1,01788
Wismuthglanz Bi_2S_3	=	0,9679 : 1 : 0,985
Selenwismuthglanz $Bi_2(SeS)_3$.	=	ca. 1 : 1 : ca. 1.

Zeitweilig hat man dieser Gruppe auch das analog zusammengesetzte Auripigment angefügt, dem zwar gleiche Spaltung und Gleitung zukommen, das aber doch krystallographisch und sonst sehr verschieden ist.

Antimonglanz. Antimonit. Grauspiessglanz. Stibnit. Sb_2S_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,99257 : 1 : 1,01788$ (E. S. Dana an japan. XX). — XX flächenreich, nach der Verticalaxe lang gestreckt, dadurch spiessig, nadelig werdend, und häufig schwach wellig gebogen, sogar stark gekrümmt und gedreht. Gut ausgebildete Enden, entweder von spitzen oder stumpfen Pyramiden gebildet, fehlen gewöhnlich, überhaupt sind die XX schlecht messbar. *m* = *(110)∞P* (90° 26′, meist vertical gerieft), *o* = *(010)∞P∞* (durch #, hohen Glanz und häufig auch durch Querstreifung ausgezeichnet), *p* = *(111)P* (Mittelkante 110° 38′, vordere Polkante 109° 12′), *b* = *(121)2P2*,


Fig. 327.



$s = (113)$ $^1/_3 P$. Selten Zwillinge (von Felsöbánya und Kapnik) nach *(120)*$\infty \breve{P}2$. — Strahlige, nadelige und büschelige Aggregate, die Nadeln zuweilen verfilzt (Federerz z. Th.) oder sammetschwarze kuglige Büschel bildend, derb und auch ganz dicht.

nach der Längsfläche *o* sehr vollkommen, stark glänzend, setzt aber zuweilen in Folge von Gleitung treppenartig ab, wodurch eine Querstreifung, bezw. Knickung entsteht; unvollkommen nach *(100)oP* und *(110)*∞P; Gleitfläche *(001)oP*. Br. muschlig, milde. H. = 2, G. = 4,6—4,7. Starker Mgl., läuft aber matt und schwärzlich, auch bunt an. Bleigrau, im Contrast jedoch entschiedener Stich ins Grünliche; in feinen Fasern und Büscheln, auch matt und schwarz. Str. dunkel bleigrau.

71,4 Sb, 28,6 S, enthält öfters etwas Au. — V. d. L. mit schwach grünlicher Flamme vollkommen flüchtig, Sb-Rauch und weisser Beschlag; schmilzt schon an der Lichtflamme; von concentrirter Kalilauge wird das Pulver ockergelb gefärbt und zum grossen Theil gelöst; aus der Lösung durch Salzsäure in orangefarbenen Flocken wieder gefällt.

Wichtigstes Antimonerz! Auf Gängen, z. Th. in Graniten und Quarzporphyren, entweder mit Quarz allein oder neben anderen Erzen, namentlich Bleiglanz und Silbererzen, mit Schwefelkies, auch wohl mit Zinnober. Schwerspath ist häufige Gangart. Auf Zinnstein- und Goldquarzgängen. Wolfsberg im Harz, vielorts im sächsisch-böhmischen Erzgebirge (Schneeberg, Bräunsdorf etc.), Goldkronach im Fichtelgebirge. — Technisch wichtige Vorkommen finden sich namentlich in Ungarn (bei Magurka im Granit, bei Kremnitz im Andesit und goldhaltig, bei Felsöbánya ebenfalls im Andesit und Schwerspathtafeln durchspiessend), bei Kostaïnik in Serbien in Trachyten, in der Auvergne[1] *(Violay, Nérondc etc.), in Toscana (Pereta), auf Corsica und Sardinien (Su Suergiu), bei Oporto in Portugal (goldhaltig), Algier, Kleinasien, Borneo, Japan, Mexico. — Ferner auf Schichtenfugen und gangartig in Culmkieselschiefern von Arnsberg in Westfalen; in grossen Blöcken und Geröllen, eingebettet in einem schwarzen Thon am Monte Auto in Toscana. Ausgezeichnete, oft mehr als fussgrosse* XX *kamen vor Kurzem von Ichinokowa auf der japanischen Insel Schikoku aus Gängen in krystallinen Schiefern. — Auch künstlich.*

Metastibnit färbt Kieselsinter der Steamboat Springs ziegelroth, soll die amorphe rothe Modification von Sb_2S_3 sein.

Aehnliche Mineralien sind ausser Wismuthglanz die sogen. Bleispiessglanze, sehnig-strahliger Bleiglanz und in Pyrolusit umgewandelter Manganit.

---

[1] Frankreich mit Corsica und Algier ist seit 1889 der wichtigste Antimonproducent. 1896. 6400 t Antimonerze, d. h. nahezu ganz Antimonglanz.

Durch Verwitterung bilden sich auf dem Antimonglanz gelbe rostartige Flecke von Antimonocker und die weisse diamantglänzende Antimonblüthe. Ein anderes, selteneres Umwandlungsmineral desselben und seiner isolirten Stellung im System wegen hier angeschlossen, ist die

Antimonblende. Rothspiessglanzerz. Pyrostibit. Kermes der Pharmacie. $2Sb_2S_3$, Sb_2O_3. Monokline nadelige bis haarförmige, nach einer Richtung gut spaltende XX ohne deutliche Flächen; büschelig und radialstrahlig gruppirt; eingesprengt. Kirschroth, durchscheinend, Diamantgl. H. = 1—1½, G. = 4,5—4,6. Auf derbem Antimonglanz aufsitzend. Bräunsdorf, Přibram, Bösing in Ungarn, Pereta in Toscana.

Wismuthglanz. Bismuthin, Bismutit z. Th. Bi_2S_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,9679 : 1 : 0,9850$ (Groth). — In allen Beziehungen (metallisches Aussehen, Spaltbarkeit etc.) dem Antimonglanz zum Verwechseln ähnlich. Ausgebildete, stark längs gestreifte und vertical gestreifte XX selten, meist nur strahlige, blätterige und körnigspäthige Aggregate; derb oder eingesprengt.

(010)∞P̆∞ sehr vollkommen, milde, Farbe bleigrau bis zinnweiss, gewöhnlich etwas lichter grau als beim Antimonit und auch mehr zum bunten, namentlich gelblichen Anlaufen geneigt. Starker Mgl. H. = 2, G. = 6,4—6,6. Thermoelektrisch.

81,2 Bi, 18,8 S. Schmilzt v. d. L. unter Kochen und Spritzen in der R.-F., giebt auf Kohle ein Wismuthkorn und einen citronengelben Beschlag, der zum Unterschied vom Bleibeschlag mit pulverisirtem Jodkalium sich roth färbt. In heisser Salpetersäure leicht löslich, die Lösung trübt sich bei Wasserzusatz.

Weit seltener als Antimonglanz! Besonders auf Zinnerzgängen. Sächsisch-böhmisches Erzgebirge (Schneeberg, Altenberg, Joachimsthal), Cornwall (Redruth), Neu-Südwales, Queensland. In grösserer Menge auf den Silber-Zinn-Wismuthgängen der bolivianischen Hochfläche. — Auf den Contactlagerstätten des Banats (Rezbanya und Moravicza).

Wismuthglanz überzieht sich bei der Verwitterung mit erdigem, gelbem Wismuthocker Sb_2O_3. — Bolivit, ein schmutzig weisses Zersetzungsproduct auf bolivianischen Erzen, ist wahrscheinlich nur ein mechanisches Gemenge von Bi_2S_3 und Bi_2O_3. — Hinsichtlich ähnlicher Mineralien cfr. Antimonglanz.

Selenwismuthglanz. Guanajuatit, Frenzelit. $Bi_2(SeS)_3$ ist ein Wismuthglanz, in dem der grössere Theil S durch Se ersetzt ist; rhombisch in nadeligen XX, meist aber in feinstrahligen, späthigen und dichten Aggregaten vom Aussehen des Wismuthglanzes. Guanajuato in Mexico. Von demselben Fundort auch das als Silaonit bezeichnete derbe Gemenge von Selenwismuthglanz mit ged. Wismuth.

Tellurwismuth. Tetradymit Bi_2Te_3. Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. Messbare XX von Schubkau bei Schemnitz, bilden cyclische Vierlinge nach $(01\bar{1}2)$—½R, daher der Name Tetradymit, sonst nur in blätterigen Aggregaten. # (0001)0R vollkommen, milde. H. = 1½—2, färbt auf Papier ab, G. = 7,2—7,9. Licht bleigrau, auf frischer Spaltfläche starker Mgl., sonst matt und dunkler angelaufen. — Chem. Zus. veränderlich und noch nicht sicher erkannt; Tetradymit

von Schubkau führt auf die Formel Bi_2Te_2S, Joseit $Bi_3Te(S\ Se)$ aus Brasilien und Grünlingit Bi_4S_3Te aus Cumberland sind reicher an Bi, der ungarische Pilsenit (Wehrlit z. Th.) Bi_3Te_2 ebenfalls, kann daneben noch Ag enthalten. V. d. L. die Reaction von Bi und Te, schmilzt leicht. Selten, charakteristischer Begleiter mancher Goldvorkommnisse, so auf den Gold führenden Gängen Ungarns, von Schubkau, Deutsch-Pilsen, Rezbanya und Cziklova, von Colorado und Montana; auf den Goldquarzlagern der Appalachen (Dahlonega in Georgia, Nord-Carolina etc.).

Molybdänglanz. Molybdänit. MoS_2.

Hexagonal. $a : c = 1 : 1{,}9077$ (Brown). ⨯⨯ selten, schlecht ausgebildet in flachen sechsseitigen Tafeln, an einzelnen Fundorten auch tonnenförmige Combination von Bipyramiden und Prisma, so an den grossen ⨯⨯ von Renfrew in Canada. — Zumeist derb und eingesprengt in krummblätterigen, seltener feinkörnigen Aggregaten.

basisch sehr vollkommen; milde, in dünnen Blättchen sehr biegsam, aber nicht elastisch; fühlt sich fettig an und färbt ab. H. = 1—1½, G. = 4,7—4,8. Starker Mgl., bleigrau mit schwachem Stich ins Röthliche. Str. dunkelgrau, verrieben und im Contrast mit Bleifederstrich etwas schmutzig olivenfarbig.

59,9 Mo, 40,1 S. — V. d. L. unschmelzbar, färbt die Flamme zeisiggrün; auf Kohle im gepulverten Zustand weisser Beschlag; in der offenen Glasröhre abgeröstet, bildet sich SO_2 und ein blassgelbes kryst. Sublimat MoO_3; verpufft auf Platinblech mit Salpeter lebhaft. Wird von Salpetersäure unter Bildung eines weissen oder grauen Rückstandes zersetzt.

Wichtigstes Molybdänmineral, vielorts, aber nirgends in grosser Masse verbreitet. Auf Zinnsteingängen im sächsisch-böhmischen Erzgebirge (Altenberg, Zinnwald, Schlackenwald), in Cornwall, Tasmanien, Neu-Südwales etc. Auf granitischen, syenitischen und Quarzgängen in Graniten und Gneissen oder darin eingesprengt: Lomnitz bei Hirschberg im Riesengebirge, Skandinavien und Finland, Nertschinsk und Miask, Grönland, atlantische Staaten Nordamerikas, Canada. Vereinzelt im metamorphischen körnigen Kalkstein und Granatfels, Auerbach an der Bergstrasse. — Auch künstlich.

Findet neuerdings Anwendung zur Darstellung von Molybdänstahl. — Leicht mit Graphit zu verwechseln.

2. Abtheilung. **Sulfide etc. der Metalle.**

(sogen. basenbildende Sulfide; Sulfobasen).

Schwefel- und analoge Verbindungen der in Abth. 3 bei den Elementen beschriebenen Metalle; sie bilden den basischen Bestandtheil der Sulfosalze.

Sulfide der Blei- und Kupfergruppe.

Sulfide etc. von Pb, Cu, Ag, Hg, Au.

Bleiglanz-Kupferglanzgruppe.

Typische Formel Cu_2S, also Sulfüre, wobei Cu_2 ausser durch Ag_2 und Au_2 durch Pb ersetzt werden kann. 2 isodimorphe Reihen: die Bleiglanzreihe regulär, holoedrisch und die Kupferglanzreihe rhombisch holoedrisch. Am auffälligsten tritt die Dimorphie an der Substanz Cu_2S hervor, die in künstlichen XX regulär, als Kupferglanz rhombisch krystallisirt; bei den übrigen Gliedern ergiebt sich die Dimorphie meist erst aus den isomorphen Mischungen. Die wichtigsten Glieder sind in folgender Uebersicht zusammengestellt.

	Bleiglanzreihe (regulär).	**Kupferglanzreihe** (rhombisch).
PbS	Bleiglanz	—
PbSe	Clausthalit, Selenblei	—
PbTe	Altait, Tellurblei	—
Cu_2S	—	Kupferglanz
Cu_2Se	—	Selenkupfer
$(CuAg)_2S$	Jalpait	Stromeyerit, Silberkupferglanz
$(CuAg)_2Se$	Eukairit	—
Ag_2S	Silberglanz	—
Ag_2Se	Naumannit, Selensilber	—
Ag_2Te	Hessit, Tellursilber	Tellursilber
$(AgAu)_2Te$	Petzit, Tellurgoldsilber	—
Ag_2Sb	—	Diskrasit, Antimonsilber
Au_2Bi	—	Maldonit, Wismuthgold.

a) **Bleiglanzreihe.** Regulär, holoedrisch.

Bleiglanz. Galenit. PbS.

Regulär, holoedrisch. — XX zumeist aufgewachsen, öfters schön ausgebildet (Neudorf im Harz u. a. O.), und nicht selten von beträchtlicher Grösse. Hauptsächlich $h = (100)\infty O\infty$ und $o = (111)O$, für sich oder in Combination mit einander; daneben $d = (110)\infty O$ und das Triakisoktaeder $(221)2O$, ferner $(211)2O2$, $(331)3O$ u. a. Die Flächen oft gekrümmt und facettirt, an den Kanten zuweilen abgerundet, wie geflossen; oscillirendes Auftreten von $(221)2O$ erzeugt Kerbung der Würfelkanten; sonst noch zerfressene, zellige Gestalten. Zw. nach $(111)O$ häufig, meist als Penetrationszw. zweier ungleich grosser Individuen, mit (111) oder (211) als Verwachsungsfläche und nicht selten tafeliger Verbreiterung von (111). Derbe Spaltstücke zeigen auch wohl Zwillingsstreifung in Folge eingeschalteter Lamellen nach $(441)4O$, bezw. $(311)3O3$.

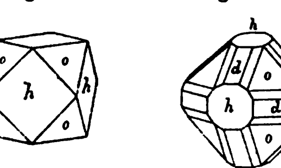


Fig. 328. Fig. 329.

— Derb und eingesprengt, als Anflug und Harnisch, in späthigen, körnigen, striemigen, oft sehr feinkörnigen Aggregaten (**Bleischweif**); auch traubig, stalaktitisch, gestrickt, mulmig, pulverig, selten faserig; in Pseudomorphosen und als Versteinerungsmedium.

(*100*)∞O∞ sehr vollkommen; nach (*111*)O vollkommen, aber nur selten und an wenigen Fundorten zu beobachten. Gleitung nach (*110*)∞O (?). Milde. H. = $2^1/_2$, G. = 7,3—7,6. Sehr starker Mgl., besonders auf den Spaltflächen, sonst aber auch matt angelaufen. Bleigrau, mit Stich ins Röthliche namentlich im Contrast. Str. graulich schwarz.

86,6 Pb und 13,4 S mit geringer Beimengung von Fe, Zn, Sb und Ag. Der Ag-Gehalt, gewöhnlich nur zwischen 0,05—0,1 %, stellenweise fast 1 % betragend, macht den Bleiglanz wegen seines massenhaften Vorkommens zu dem praktisch wichtigsten Silbererze. — V. d. L. verknisternd, beschlägt die Kohle grünlichgelb und liefert nach dem Verflüchtigen des S ein Bleikorn, das nach dem Abtreiben ein kleines Silberkorn zurücklässt. — In Salpetersäure löslich unter Abscheidung von S und $PbSO_4$; die Lösung giebt mit HCl einen weissen, in heissem Wasser wieder löslichen Niederschlag von $PbCl_2$.

Wichtigstes und häufigstes Bleierz! 1. Auf Gängen, zumeist im älteren Schiefer- und Grauwackengebirge und in krystallinischen Schiefern, begleitet von Zinkblende, Kupferkies, Bournonit, Quarz, Kalkspath, Baryt etc., zugleich mit grösserem Ag-Gehalt. Erzrevier des Oberharzes, der Gegend von Neudorf am Harz, im Siegenschen und Gonderbach bei Laasphe, Holzappeler Gangzug, Freiberg, Přibram; z. Th. im Granit aufsetzend in den wichtigen Erzrevieren von Linares und La Carolina in Spanien etc.; 2. auf metasomatischen Lagerstätten, als Verdrängung wie als Kluft- und Hohlraumausfüllung von Kalksteinen und Dolomiten in Gesellschaft von Blende, Galmei und Brauneisen, silberarm. Aachen z. Th., Iserlohn, Lintorf, Oberschlesien, Bleiberg und Raibl in Kärnten, Derbyshire und Cumberland, Mte. Poni auf Sardinien, Sierra Nevada in Spanien, Tunaberg in Schweden, Bleiglanzregion am oberen Mississippi, Missouri, Leadville in Colorado; 3. in rundlichen Concretionen und als Bindemittel von Sandsteinen, so im Buntsandstein von Commern und Mechernich; 4. fahlbandartig, in Linsen und Lagern neben Blende, Schwefel- und Kupferkies in krystallinen und paläozoischen Schiefern. Åmmeberg in Schweden, Rammelsberg am Harz. — Gelegentlich als Versteinerungsmaterial. Künstlich leicht zu erhalten.

Am Ausgehenden von Lagerstätten des Bleiglanzes finden sich Umwandlungsproducte desselben: Weissbleierz, Bleivitriol, Pyromorphit, Mimetesit, Phosgenit. Auf Hüttenwerken häufig sehr schöne skeletartige Würfel sublimirten Bleiglanzes.

Bleischweif, sehr dichter Bleiglanz, daher ohne Spaltbarkeit mit schimmerndem muschligem Bruch, bleigrau und Sb-reich. — **Glasurerz**, reiner, Ag-

freier oder armer Bleiglanz, dient zum Glasiren von Töpferwaaren. — Blaubleierz. Pseudomorphosen von Bleiglanz nach Pyromorphit. Bernkastel, Zschopau bei Freiberg, Rezbanya, Cornwall, Bretagne. — Steinmannit. Bleiglanz, reich an Einmengungen, in ganz kleinen Oktaedern oder in kleinen traubigen Partien. Přibram. — Johnstonit (Ueberschwefelblei). Mulmiges Zersetzungsproduct des Bleiglanzes mit freiem S; brennt an der Kerzenflamme. Müsen; Dufton.

Cuproplumbit $(PbCu_2)S$ von Chile und Alisonit $(Cu_2Pb)S$ von Coquimbo (Mina grande), beides derbe bleiglanzähnliche Massen, sind anscheinend isomorphe Mischungen von PbS und Cu_2S von blei- resp. blaugrauer Farbe, derb; andere „Kupferbleiglanze" wohl nur Gemenge.

Clausthalit. Selenblei. PbSe. Derb, eingesprengt; vom Aussehen des derben Bleiglanzes. Mild, H. = 2½—3, G. = 7,6—8,8. Zus. 72,4 Pb, 27,6 Se, aber Ag- und zuweilen Co-haltig (Selenkobaltblei, von der alten Grube Lorenz bei Clausthal). Se-Reaction. Auf Kalkspathtrümmern in mit Diabas verbundenen Rotheisensteinlagern zu Lerbach, Zorge und Tilkerode im Harz; am Cerro de Cacheuta in Argentinien.

Lerbachit. Selenquecksilberblei. (HgPb)Se, dunkelbleigrau mit hexaedrischer #, von Lerbach und Tilkerode im Harz, ist wahrscheinlich nur ein Gemenge von Selenblei und Selenquecksilber.

Zorgit. Selenkupferblei, ist ebenfalls wohl nichts anderes als ein Gemenge von Selenblei mit Selenkupfer; bleigrau, derb, mild, mit dem vorigen zusammen bei Zorge und Tilkerode.

Altait. Tellurblei. PbTe. Derb, # der Körnchen nach (100)∞O∞, unvollkommen, Br. muschlig, spröde. H. = 3—3½, G. = 8,1—8,2. Zinnweiss ins Gelbliche, gelb anlaufend. — 61,8 Pb, 38,2 Te mit etwas Ag. — Altai (Grube Sawodinskoi), Californien (Grube Stanislaus), Colorado (Red Cloud-Grube), Coquimbo. — Henryit von der Red Cloud-Grube ist ein Gemenge von Tellurblei mit Eisenkies.

Silberglanz. Glaserz. Argentit. Ag_2S.

Regulär, holoedrisch. XX (Freiberg) gewöhnlich verzerrt, mit gebogenen Flächen und gerundeten Kanten. *(100)∞O∞*, *(111)O*, daneben *(110)∞O* und *(211)2O2*. Zw. nach *(111)O*, gewöhnlich in Durchdringung. — Derb und eingesprengt, zahn- und haarförmig, dornförmig (sogen. Akanthit, s. unten), gestrickt, plattig, pulverig, russartig; in Pseudomorphosen nach ged. Silber (daher wohl oftmals die gekrümmte, zahnartige Form) und Rothgültig.

wird nach *(100)∞O∞* angegeben, aber nur selten wahrgenommen. Br. kleinmuschlig. Geschmeidig, schneid- und prägbar wie Blei (Weichgewächs der deutschen Bergleute Ungarns). H. = 2—2½, G. = 7,2—7,4. Auf frischer Schnittfläche starker Mgl., läuft aber bald matt, schwärzlich an und bedeckt sich mit Silberschwärze, d. i. schwarzes, pulveriges Ag_2S. Dunkelbleigrau, Str. glänzend.

87,1 Ag, 12,9 S. — V. d. L. leicht Silberkorn. In conc. Salpetersäure unter Abscheidung von Schwefel löslich, aus der Lösung fällt HCl weisses Chlorsilber aus, das in Ammoniak löslich ist.

Wichtiges Silbererz! Auf Silbererzgängen, namentlich in krystal-

linischen Schiefern, Graniten und jungen Eruptivgesteinen, Freiberg (wo Ausbeutmedaillen daraus geprägt sind), Schneeberg, Annaberg, Johann-Georgenstadt, Joachimsthal; Schemnitz, Kremnitz, Kongsberg, grosse Massen im Comstock-lode in Nevada, vielorts in Mexico und Südamerika. Als „Bindemittel“ im Silbersandstein von Utah.

Aehnlich: Kupferglanz.

Akanthit von Freiberg, Annaberg, Joachimsthal, in dornigen spiessigen XX auftretend, ist als rhombische Modification von Ag_2S gedeutet worden, stellt aber jedenfalls nur verzerrte XX des Silberglanzes dar, mit dem er auch alle physikalischen Eigenschaften theilt.

Jalpait, ein Cu-haltiger Silberglanz von schwärzlich bleigrauer Farbe. Jalpa in Mexico, Chile. — Aguilarit, ein Se-haltiger Silberglanz $Ag_2(SeS)$ in eisenschwarzen skeletartigen Rhombendodekaedern und feinen Nadeln von Guanajuato in Mexico.

Naumannit. Selensilber. Ag_2Se, fast nur derb, aber mit hexaedrischer #, geschmeidig, stark glänzend. H. = 2½, G. = 8. Eisenschwarz. — Mit Selenblei von Tilkerode im Harz. Am Cerro de Cacheuta in Argentinien, danach Cacheutaït genannt.

Eukairit. $(CuAg)_2Se$ (= CuAgSe). Kleinkörnig und derb; künstlich in Oktaedern; zeigt anscheinend hexaedrische #, milde. 43,1 Ag und 25,3 Cu. H. = 2—3, G. = 7,67. Mgl., zinnweiss ins Graue. In Serpentin eingesprengt von Skrikerum in Småland, Copiapó in Chile, Sierra de Umango in Argentinien.

Hessit. Tellursilber. Ag_2Te. XX vom Berge Botés bei Zalathna in verzerrten, stark verlängerten Würfeln, aber auch in anderen Formen des reg. Systems; sonst derb; schneidbar, daher würfelige # selten zu beobachten. H. = 2½, G. = 8,3 bis 9,0. Bleigrau. Enthält zuweilen etwas Au und Pb. Botés, Nagyag und Rezbanya in Siebenbürgen, Grube Sawodinskoi im Altai, Stanislaus-Grube in Californien, Red Cloud-Grube in Colorado, Coquimbo in Chile.

Petzit, ein Tellursilber mit Au-Gehalt (bis 26 %) also $(AgAu)_2Te$. Eisenschwarz mit gleichem Strich, spröde. Nagyag, Stanislaus- und Golden Rule-Grube in Californien, mehrorts in Colorado. Golderz!

b) **Kupferglanzreihe.** Rhombisch, holoedrisch.

Kupferglanz. Kupferglas. Chalkosin. Chalkocit. Redruthit. Cu_2S.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,5822 : 1 : 0,9701$ (Miller). — XX (Redruth und anderswo in Cornwall) gewöhnlich zu Gruppen vereinigt, dicktafelig oder kurzsäulig, mit ausgeprägt hexagonalem Habitus in Folge charakteristischer Winkel und Combinationen. $m = (110)\infty P$ mit 119° 35′, $b = (010)\infty \breve{P}\infty$, $c = (001)oP$; daneben $z = (113)\frac{1}{3}P$ mit 65° 28′ an der Mittelk. und $e = (023)\frac{2}{3}\breve{P}\infty$ mit 65° 47′ etc. Auf der Basis und den Längsdomen Streifung bis grobe Riefung parallel der a-Axe. Zw. an Cornwaller XX nach mehreren Gesetzen: (1) nach $m = (110)\infty P$, häufig, namentlich auch Drillinge unter Wahrung des hexagonalen Habitus; die Basis der Individuen fällt in eine Ebene und ist durch Fiederstreifung ausgezeichnet; (2) nach $(112)\frac{1}{2}P$, seltener; die Individuen durchkreuzen sich unter 88°;

(3) sehr selten nach $(032)^{3}/_{2}P\breve{\infty}$. — Gewöhnlich nur derb; eingesprengt, in Platten, zuweilen auch in Pseudomorphosen (auch selbst umgewandelt) und als Versteinerungsmittel (Frankenberger Kornähren, Ullmannia Bronni).

Nicht # oder doch nur sehr unvollkommen nach $(110)\infty P$. Br. muschlig bis uneben; milde. H. $= 2^{1}/_{2}-3$, G. $= 5{,}5-5{,}8$. Auf frischer Schnitt- oder Bruchfläche starker Mgl., läuft aber bald matt und schwarz an; XX überziehen sich wohl mit einem braunen Pulver. Dunkelbleigrau, in Farbe und sonstiger Beschaffenheit dem dunkeln Fahlerz ähnlich, aber milde. Str. glänzend.

79,8 Cu, 20,2 S, gewöhnlich mit etwas Fe, auch wohl mit Ag. — Schmilzt v. d. L. unter Spritzen zur spröden Kugel, giebt mit Soda leicht Cu-Korn; von Salpetersäure unter Abscheidung von S mit grüner Farbe gelöst.

Seltener als Kupferkies und Fahlerz, in deren Gesellschaft der Kupferglanz sich gewöhnlich findet, immerhin aber eins der gemeineren Kupfererze; Malachit als Verwitterungsproduct gern Begleiter. Auf Gängen: neben Zinnstein und Buntkupfererz vielorts in Cornwall und Devonshire, von wo die schönsten XX kommen; im Siegenschen, bei Freiberg, bei Kupferberg-Rudelstadt in Schlesien, Kapnik, im Banat, Ural, Altai, Bristol in Connecticut, Butte in Montana etc. Als Imprägnation, als Ausscheidungen und als Versteinerungsmittel, gelegentlich auch wohl in XX im Kupferschiefer von Mansfeld, Sangerhausen; Frankenberg in Hessen. — Auch künstlich.

Die Substanz des Kupferglanzes ist dimorph; künstlich dargestellt, aus dem Schmelzfluss und bei Hüttenprocessen entstehen leicht reguläre Oktaeder. — K. findet sich unter den Neubildungen des Römerbades von Plombières. Verwittert zu Kupferindig, Malachit und Lasur. — Von Mineralien, die in derbem Zustand dem K. ähnlich werden können, sind zu erwähnen: dunkles Fahlerz, durch Sprödigkeit unterschieden, Rothkupfererz, Bournonit, Silberglanz und die v. d. L. unschmelzbaren Eisenerze, Eisenglanz, Magneteisen und Chromeisen.

Harrisit von der Cantongrube in Georgia besitzt hexaedrische # und ist eine Pseudomorphose von Kupferglanz nach Bleiglanz.

Digenit von Chile und Sangerhausen und Carmenit von der Insel Carmen an der californischen Küste sind anscheinend nur Gemenge von Kupferglanz Cu_2S mit Kupferindig CuS.

Stromeyerit. Silberkupferglanz. $(CuAg)_2S$. Rhombische XX selten, in Formen und Habitus dem Kupferglanz ähnlich. — Meist derb und eingesprengt. Br. muschlig, milde. H. $= 2^{1}/_{2}-3$, G. $= 6{,}2-6{,}3$. Starker Mgl., dunkelbleigrau. — 53,1 Ag, 31,1 Cu. Kupferberg-Rudelstadt in Schlesien, Schlangenberg im Altai, Zacatecas in Mexico, Chile mehrorts.

Berzelianit. Selenkupfer. Cu_2Se mit etwas Ag und Tl. Derb, in dünnen dendritischen Partien und pulverigen Beschlägen; zinnweiss, schwarz anlaufend, ge-

schmeidig. Skrikerum in Småland, hier vielfach nur als Trübung in grobspäthigem Kalkspath. Lerbach im Oberharz.

Crookesit $(CuTlAg)_2Se$, ist ein Berzelianit mit höherem Tl- und Ag-Gehalt, derb und dicht; bleigrau; H. = 2½—3, G. = 6,90. Skrikerum in Schweden.

Anhangsweise sind hier einige Kupfermineralien angefügt, die im System isolirt stehen oder bei ihrer derben Beschaffenheit nach ihrer chemischen Zusammensetzung noch nicht sicher erkannt sind.

Umangit. Cu_3Se_2 (= Cu_2Se + CuSe). Derb, dicht, sieht aus wie Buntkupfererz. H. = 3, G. = 5,62. Br. feinkörnig; wenig spröde. Str. schwarz. Neben Eukairit von der Sierra de Umango im nordwestlichen Argentinien.

Domeykit. Arsenkupfer, Weisskupfer. Cu_3As(71,7 Cu). Derb, traubig, spröd. H. = 3–3½, G. = 6,7—7,8. Zinnweiss, gelblich oder bunt anlaufend. Coquimbo und Copiapó in Chile; am Cerro de Paracatas in Mexico, Portage Lake in Michigan, Ontario in Canada; aus dem Zwickauer Porphyr. — Condurrit aus Cornwall ist wahrscheinlich ein zersetzter Domeykit. — Orileyit aus Birma scheint ein eisenhaltiger Domeykit zu sein. Stibiodomeykit enthält etwas Sb als Vertreter für As. Mohawk-Grube auf der Keweenaw-Halbinsel.

Mohawkit $(CuNiCo)_3As$ ist ein Domeykit, dessen Cu z. Th. durch Ni und Co (insgesammt bis 10%) vertreten wird; gleiches Aussehen. Sehr spröde. H. = 3—4, G. = 8,07. Mohawk-Grube auf der Keweenaw-Halbinsel.

Algodonit. Cu_6As mit 83,5 Cu. Derb, silberweiss bis stahlgrau. H. = 4, G. = 6,9–7,6. Grube Algodones in Chile.

Whitneyit. Cu_9As(88,4 Cu). Derb, H. = 3—4, hämmerbar; G. = 8,3—8,7. Röthlich silberweiss, braun und schwarz anlaufend; geringer Mgl. Houghton Co. in Michigan, Sonora in Mexico. — Darwinit von Potrero Grande (Copiapó) in Chile ist Whitneyit.

Horsfordit. Antimonkupfer. Cu_6Sb (76 Cu). Derb mit starkem Mgl.; silberweiss, leicht anlaufend. H. = 4—5, G. = 8,812. Spröde. Lagerförmig bei Mytilene in Kleinasien.

Antimonsilber. Diskrasit. Ag_2Sb.

Rhombisch, holoedr. $a : b : c = 0,5775 : 1 : 0,6718$ (Hausmann). — XX (St. Andreasberg) wenig vollkommen ausgebildet und schlecht messbar, mit säuligem, pyramidalem oder plattigem Habitus; in Winkeln, Combinationen und Zw.-Bildung grosse Annäherung an hexagonalen Formen. $m = (110)\infty P$ mit ca. 120°, $b = (010)\infty \breve{P}\infty$, $c = (001)0P$, $y = (111)P$, $z = (112)\frac{1}{2}P$, $p = (021)2\breve{P}\infty$. Auf der Basis häufig Streifung parallel der a-Axe. Wohl ausnahmslos wiederholte Zw. nach $m = (110)\infty P$, und zwar zumeist cyclische nach Art der Aragonitzw., auch mit eingelagerten Zw.-Lamellen. Durch die Zw.-Bildung kommen stark geriefte und gekrümmte pseudohexagonale Säulen mit Fieder- oder Fortificationszeichnung auf der Basis, ferner auch scheinbare hexagonale Bipyramiden nach Art des Witherits zu Stande. — Derb, eingesprengt in späthigen Körnern, ferner in Platten und Blechen mit federartig gestreifter Oberfläche, in Knollen und als Anflug.

$(011)\breve{P}\infty$ vollkommen, weniger nach $(001)0P$; spröde. Br. un-

eben. H. = $3^1/_2$, G. = 9,4—10. Silberweiss, stark glänzend, aber äusserlich zumeist grau bis schwarz, zuweilen goldigbraun angelaufen.

Chem. Zus. selbst an verschiedenen Stellen desselben Krystalls schwankend zwischen Ag_2Sb mit 64,3 Ag und $Ag_{18}Sb$ mit 94 Ag, sodass die Formel und systematische Stellung zweifelhaft bleibt. Die Verbindung Ag_9Sb von der Silver Islet-Grube, Lake Superior, Canada, hat man als Animikit bezeichnet. — V. d. L. auf Kohle leicht schmelzend, Sb-Beschlag und schliesslich Ag-Korn liefernd.

Auf Silbererzgängen in Gesellschaft von Antimon- und Arsenmineralien. Bei St. Andreasberg eins der gewöhnlichsten Silbererze, hier stecken zuweilen pseudohexagonale Bipyramiden des Antimonsilbers als Kern in schaligem Scherbenkobalt; zu Wolfach im Schwarzwald, Markirch in den Vogesen, Guadalcanal in Spanien, Chañarcillo in Chile. — Künstlich.

Aehnlich: ged. Antimon, Silber.

Anhangsweise folgen hier einige in ihrer Selbstständigkeit und chemischen Zusammensetzung noch nicht sichergestellte Silbermineralien.

Arsensilber. Ag_3As (?). In dünnen silberglänzenden Lagen im schalig nierigen Arsen; behält im Gegensatz zu diesem seinen Mgl., auch kleine nadelige Stalaktiten in Kalkspath. Enthält Fe und Sb und wird auch als Gemenge von Diskrasit mit Arsen bezw. Arsenkies angesehen. St. Andreasberg. Kleine nadelige XX, fraglich von Freiberg, sind Arsenargentit genannt. Chile mehrorts, darunter das Vorkommen von Chañarcillo als Chanarcillit bezeichnet. Huntilith heisst das Vorkommen von der Silber Islet-Grube, Lake Superior, Canada.

Chilenit. Wismuthsilber. $Ag_{12}Bi$ (?). Derb und dicht, silberweiss, starker Mgl., gelblich anlaufend. Geschmeidig. Wechselnder Ag-Gehalt zwischen 60 und 86 %. Grube San Antonio del Potrero Grande in Copiapó, Chile.

Stützit. Tellursilberblende. Ag_4Te. Holohexagonal, sehr kleine XX vom Aussehen facettirter Kugeln. Diamantartiger Mgl. Bleigrau ins Röthliche. Wahrscheinlich von Nagyág in Siebenbürgen.

Maldonit. Wismuthgold. Au_2Bi. Derb, silberweiss, schwarz anlaufend, eingesprengt im Granit von Maldon in Victoria. Der häufige Wismuthgehalt australischer Goldbarren wird auf die Beimengung von Maldonit zurückgeführt.

Zinnobergruppe.

Typische Formel HgS, in der Hg durch Cu, S durch Se und Te ganz oder theilweise ersetzt werden können. 2 isodimorphe Reihen.

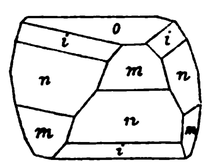
	Zinnoberreihe (hexagon., trapezoedrisch-tetartoedrisch).	Metacinnabaritreihe (regulär, tetraedrisch-hemiedrisch).
HgS	Zinnober	Metacinnabarit
HgSe	—	Tiemannit
HgTe	—	Coloradoit
CuS	Kupferindig	—

a) **Zinnoberreihe.** Hexagonal, trapezoedrisch-tetartoedrisch.

Zinnober. Cinnabarit. Merkurblende. HgS.

Hexagonal, trapezoedr.-tetartoedr. $a : c = 1 : 1{,}14526$ (Schabus). — XX auf Drusenräumen, durchweg klein, mit nach der Basis dicktafeligem oder mit rhomboedrischem Habitus. Formenreich, am häufigsten $o = (0001)oR$, $n = (10\bar{1}1)R$ mit 71° 48′, $i = (20\bar{2}5)^2/_5R$, $m = (10\bar{1}0)\infty R$; dazu $a = (10\bar{1}2)^1/_2R$ mit 92° 37′ und auch negative Rhomboeder, wie $n' = (01\bar{1}1) - R$, $g = (01\bar{1}2) - ^1/_2R$. Die Tetartoedrie wird nur selten (XX von Serravezza in Toscana, Avalaberg in Serbien) an dem Auftreten von trigonalen Trapezoedern $^3/_7P^3/_2$ etc. sowie an trigonalen Bipyramiden $^1/_2P2$ etc. wahrgenommen.

Fig. 330.



Ergänzungszw. (von Nikitowka) nach denselben Gesetzen wie beim Quarz mit gegenseitiger Durchdringung von je einem rechten und einem linken Individuum oder je zwei rechten bezw. linken XX. — Derb, in gestreiften Spaltstücken, körnigen und dichten Aggregaten, erdig, eingesprengt und als Anflug, auch in Pseudomorphosen nach Fahlerz, Pyrit, Antimonit u. a.

$(10\bar{1}0)\infty R$ vollkommen. Br. uneben bis splittrig, milde. H. = 2 bis $2^1/_2$, G. = 8—8,2. Diamantgl., in dünnerer Schicht durchsichtig. Farbe und Strich cochenilleroth, jedoch in Folge von Beimengungen und Structurunterschieden scharlachroth, braunroth, braun, schwarz, metallisch bleigrau bis stahlfarben (Stahlerz), auch Härte und Strich sind aus demselben Grunde sehr veränderlich. Doppelbr. positiv. $\omega = 2{,}854$, $\varepsilon = 3{,}201$ (roth). Circularpolarisation sehr stark, 15mal stärker als beim Quarz.

86,2 Hg, 13,8 S, aber oft durch Bitumen (Idrialin) und andere Beimengungen stark verunreinigt. — V. d. L. völlig flüchtig und im Kölbchen sublimirbar; mit Soda Quecksilber; löslich nur in Königswasser.

Einziges Erz für die Gewinnung des Quecksilbers im Grossen, demgegenüber die sonstigen Quecksilbermineralien, wie ged. Quecksilber, Hornerz und Quecksilberfahlerz nicht in Betracht kommen. Tritt am gleichen Ort meist in verschiedener Form auf, als unregelmässige, stock- oder lagerartige Imprägnation, als linsenförmige Ausscheidung, als Ausfüllung zahlreicher Trümmerschwärme, auf Schichtenfugen sowie auf echten Gängen. Als Begleitmineralien finden sich gern Pyrit, Markasit, nicht selten Antimonit und namentlich bei Idria in grösserer Menge Bitumen (Idrialin). Die Lagerstätten setzen sowohl in Sedimentärgesteinen verschiedenen Alters wie in Trachyten und Quarzporphyren, sowie nicht selten in und neben Serpentin auf. Von den zur Zeit wichtigsten Fundstätten sind die von Almadén im südlichen Spanien an silurische Sandsteine, von Idria in Krain (die mannichfachen Varietäten

s. weiter unten) an triassische Thonschiefer und Dolomite, von Californien (zahlreiche Gruben in der Coast-Range, z. B. Neu-Almadén, Neu-Idria) zumeist an Serpentin geknüpft; im Gebiet des Monte Amiata in Toscana sind Trachyte, Trachyttuffe und tertiäre Thone und Kalke, bei Nikitowka im Gouv. Jekaterinoslaw karbonische Schichtgesteine die Träger des Zinnobers. Sonstige erwähnenswerthe Lagerstätten sind die von Moschellandsberg in der Pfalz in Sandsteinen und Porphyren des Carbons und Rothliegenden, von Huancavelica in Peru in paläozoischen Sandsteinen und Schiefern, vom Avalaberg bei Belgrad in verkieselten Partien von Serpentin. In allen diesen Fällen dürfte Zinnober durch Solfatarenthätigkeit zum Absatz gelangt sein, worauf die zinnoberhaltigen Thermalsinter der Sulphur-Banks in Californien direct hinweisen. — Erscheint auch untergeordnet auf anderen Erzgängen, wie bei Littfeld im Siegenschen, bei Olpe in Westfalen, bei Hohensolms in Nassau, bei Schemnitz etc., sowie auf alpinen Spatheisensteinlagern wie zu Reichenau und Windisch-Kappel in Kärnten. — Am Harz sind wiederholt Bergbauversuche gemacht auf Zinnober, der in den mit Kieselschiefern wechsellagernden milden Thonschiefern und als Bachgeröll westlich von Wieda im grossen Silberbach vorkommt.

Bei Idria finden sich mehrere charakteristische, in ihrem Aussehen sehr verschiedene Var.: Ziegelerz, ziegelroth, sandig-körnig, Gemenge von Z. mit Dolomit. — Stahlerz, dunkelbraunroth, aber auf frischem Bruch mit Mgl. und schön stahlgrauer Farbe; stellt dichte, von Bitumen (Idrialin) durchtränkte, sonst aber reine Zinnobermassen dar. — Quecksilber-Lebererz, bituminöse leberbraune bis schwärzliche Massen von dichter bis erdiger Beschaffenheit mit rothbraunem bis schwarzem Strich; wird zuweilen schieferig und von Druckflächen durchzogen. — Branderz, desgl., sobald der Idrialingehalt zum Glimmen oder Brennen ausreicht. — Korallenerz ist ein durch krummschalige und concentrisch runzlige Structur ausgezeichnetes Lebererz. Die Structur ist z. Th. auf Concretionsformen, z. Th. auf Versteinerungen zurückzuführen. Enthält neben Bitumen auch namhafte Mengen von phosphorsaurem Kalk.

Zinnober ist löslich in Polysulfiden der Alkalien, was in genetischer Beziehung von Wichtigkeit wird; wo er auf Gängen als untergeordneter Begleiter anderer Erze einbricht, kann er auch aus der Zersetzung von Quecksilberfahlerz hervorgegangen sein. Lässt sich künstlich aus dem durch SH_2 gefällten schwarzen Schwefelquecksilber gewinnen und dient in dieser Form als ausgezeichnete Malerfarbe (Vermillon). — Aehnliche Mineralien: Realgar, Rothkupfererz, Kupferblüthe und Kupferziegelerz, Rotheisen, Rothbleierz und Rutil.

Totalproduction an Quecksilber in 1897 4327 t, davon Spanien ca. 40 %, Ver. Staaten ca. 20 %, Russland ca. 15 %, Oesterreich ca. 13 %, Mexico ca. 7 % und Italien ca. 4 ½ %. 1901 nur 3413 t, davon die Ver. Staaten 30 %, Spanien 25 %.

Kupferindig. Covellin. CuS.

XX holohexagonal, lassen sich aber trapezoedrisch-tetartoedrisch und isomorph mit Zinnober deuten. $a : c = 1 : 1,1455$ (Buchrucker,

Groth). — ✕✕ sehr selten (Leogang in Salzburg), meist klein, dünntafelig; gewöhnlich nur (*0001*)*0R* und (*10$\bar{1}$0*)∞*R*. In derben, feinkörnigen Partien, als Rinde und Oberflächenhaut, plattig, nierenförmig, als Anflug und pulverig, zuweilen in stengligen Aggregaten, selten in Pseudomorphosen.

(*0001*)*0R* sehr vollkommen, derbe Stücke haben ebenen Bruch, milde; in dünnen Plättchen biegsam. H. = 1½—2, G. = 4,6. Beim Reiben halbmetallischer fettiger Gl., sonst matt. Undurchs., blauschwarz, gerieben indigblau. Str. schwarz, schimmernd.

66,4 Cu, 33,6 S mit etwas Pb und Fe. — V. d. L. leicht schmelzend und mit blauer Flamme brennend; in Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Als Verwitterungsproduct von Kupfersulfiden überall in deren Gesellschaft vorhanden, aber fast immer nur als dünne Haut oder erdiger Beschlag. In reichlicherer Menge zuweilen im Mansfelder Kupferschiefer, so bei Sangerhausen, mehrorts in Chile und Bolivia, auch von Butte in Montana, gangförmig auf der Insel Kawau bei Neuseeland. Zu Schwarzleogang in Salzburg messbare ✕✕; *grössere* ✕✕ *von Mancayan auf Luzon. Als Sublimationsproduct des Vesuvs (sogen. Covellin) selten. — Künstlich.*

Cantonit von der Cantongrube in Georgia und aus Cornwall mit # nach (100)∞O∞, wahrscheinlich Pseudomorphose von Kupferindig nach Bleiglanz.

b) **Metacinnabaritreihe.** Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch.

Metacinnabarit. Quecksilbermohr. HgS. Winzige metallglänzende ✕✕ sehr selten, mit oktaedrischem Habitus von Redingtonmine in Californien, dodekaedrisch von Idria; meist als scheinbar amorphes schwarzes Pulver oder als Ueberzug. H. = 3, G. = 7.7—7,8; spröde. Begleiter des Zinnobers an seinen Fundorten. Leicht künstlich zu erhalten. — Guadalcazarit (Guadalcazit), bläulich schwarz mit fettigem Mgl., ist ein zink-, auch etwas selenhaltiger Metacinnabarit aus Mexico; auch in Asturien. — Leviglianit aus Toscana enthält reichlicher Zink, aber kein Selen.

Onofrit. Selenschwefelquecksilber. Hg(SSe). Derb mit fahlerzartigem Aussehen; spröde. H. = 2—3, G. = 7,6—8,1. San Onofre in Mexico; in grösserer Menge und gangartig bei Marysvale in Utah.

Tiemannit. Selenquecksilber. HgSe. Tetraedrische ✕✕ von Marysvale in Utah, sonst derb, in feinkörnigen Aggregaten oder dicht. Br. uneben, spröde. H. = 2½, G. = 7,10—8,5. Mgl., dunkelbleigrau 24,75 Se, 75.25 Hg. Liefert im Kölbchen ein schwarzes, in grösserer Entfernung ein braunes Sublimat; nur in Königswasser löslich. Auf der alten Grube Charlotte bei Clausthal; bei Zorge und Tilkerode mit Rotheisenstein verwachsen; ebenso bei Lerbach im Harz, aber hier mit Selenblei gemengt (Selenquecksilberblei, Lerbachit); ferner vom Clear Lake in Californien.

Coloradoit. Tellurquecksilber. HgTe. Nur derb, Br. uneben. H. = 3 G. = 8,627. Mgl. eisenschwarz, oft bunt angelaufen, enthält meist etwas Au und Ag als Sylvanit. Sehr selten. Colorado.

Gruppe der Goldtelluride.

Im Wesentlichen Telluride des Goldes und Silbers, deren Beziehungen zu einander und chemische Constitution noch nicht ausreichend aufgeklärt sind.

Schrifterz. Schrifttellur. Sylvanit. $AuAgTe_4$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}63394 : 1 : 1{,}12653$, $\beta = 90^0\ 25$, (SCHRAUF). — XX sehr klein, längsgestreift, tafelig oder spiessig, reihen sich flach in einer Ebene zu fiederigen, schriftähnlichen Gruppen an einander, die theils gestrickte Krystallskelete, theils Zwillingsstöcke nach *(101)—P∞̄* darstellen, bei denen die Individuen unter 69° 44′ und 55° 8′ zusammenstossen. Auf Kluftflächen und eingesprengt, angeflogen. Derbe körnige Aggregate kaum vorhanden. Pseudomorph in ged. Gold umgewandelt.

(010)∞P∞̄ vollkommen; mild. H. = $1^1/_2$—2, G. = 7,99—8,33. Mgl., stahlgrau bis silberweiss und lichtgelb.

Chem. Zus. nicht constant; ca. 25—27 Au, 11—13 Ag, 56—61 Te, daneben etwas Sb, Pb und Cu. — In der Glasröhre Sublimat von telluriger Säure; v. d. L. leicht schmelzbar, auf Kohle weisser Beschlag und mit Soda ein Silbergold-Korn. In Salpetersäure scheidet sich Gold; in Königswasser Chlorsilber aus.

Golderz! Auf Golderzgängen in jüngeren Eruptivgesteinen in Ungarn (Offenbánya und Nagyág), in Californien (Calaveras Co.); in Colorado auf der Red Cloud Mine und im Cripple Creek District.

Die als Goldschmidtit bezeichneten XX von der Gold Dollar Mine im Cripple Creek District sind nichts anderes als Schrifterz.

Krennerit. Bunsenin. $(AuAg)Te_2$. Rhombisch-holoedrisch. XX klein, säulig und längsgestreift. # basisch. H. = 2—3, G. = 8,35. Mgl., Silberweiss (Weisserz, Weisstellur) bis lichtmessinggelb (Gelberz). — V. d. L. zerspringend, sonst wie Schrifterz. Auf Quarz von Nagyág, Cripple Creek District in Colorado, Westaustralien.

Calaverit. $AuTe_2$, undeutlich krystallisirt; wahrscheinlich triklin, aber durch Zwillingsbildung pseudomonoklin; in den Winkeln dem Schrifterz ähnlich. Derb und dicht mit muschligem Br., die seltenen XX säulig, längs gestreift und ohne #, H. = $2^1/_2$, G. = 9. Mgl. Hell broncegelb. Enthält meist etwas Ag (bis 4%). Stanislaus Mine in Californien, Red Cloud Mine und Cripple Creek District in Colorado. Westaustralien.

Kalgoorlit. $HgAu_2Ag_6Tee_6$. Derbe eisenschwarze Massen mit halbmuschligem Br. G. = 8,791. Kalgoorlie in Westaustralien.

Blättererz. Blättertellur. Nagyágit $Au_2Pb_{10}Sb_2Te_6S_{15}$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}28097 : 1 : 0{,}27607$ (SCHRAUF). — XX tafelig nach *(010)∞P∞̆*; gewöhnlich nur dünne eingewachsene Lamellen oder derb und eingesprengt in blätterigen Aggregaten.

(010)∞P∞̆ ausgezeichnet; mild und biegsam; H. = 1—$1^1/_2$,

G. = 6,7—7,20. Mgl., dunkelbleigrau; Str. graulich schwarz mit Stich ins Braune.

Chem. Zus. nicht constant, in der Hauptsache goldhaltiges (6—13 Au) Bleitellur, daneben aber auch wesentliche Mengen von S, Sb und Cu. — V. d. L. Goldreaction und Bleibeschlag; in der offenen Glasröhre Te- und auch Sb-Reaction.

Golderz! Nagyág und Offenbánya in Siebenbürgen, ebenso in Colorado in Begleitung von Schrifterz.

Sulfide der Eisen- und Platingruppe.

Sulfide etc. von Zn, Cd, Mn, Fe, Ni, Co, Cr; Pt, Ru, Os, Rh.

Blende-Wurtzitgruppe.

Einfache Schwefel- und analoge Verbindungen der Metalle Zn, Cd, Mn, Fe, Ni und Co. Isodimorph; die Dimorphie ergiebt sich am unmittelbarsten bei der Substanz ZnS, die als Blende regulär, tetraedrisch-hemiedrisch und als Wurtzit hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch krystallisirt, während die Dimorphie der übrigen Substanzen aus ihren isomorphen Mischungen zu folgern ist. Die hauptsächlichsten Glieder dieser Gruppe sind:

Blendereihe (regulär, tetraedrisch-hemiedrisch).		Wurtzitreihe (hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch).	
ZnS	Blende	Wurtzit	$a : c = 1 : 0,9353$
CdS	—	Greenockit	$= 1 : 0,9364$
MnS	Manganblende	—	
FeS	—	Magnetkies	$= 1 : 0,9528$
NiS	—	Millerit	$= 1 : 0,9886$
NiAs	—	Rothnickelkies	$= 1 : 0,9462$
NiSb	—	Breithauptit	$= 1 : 0,9962$

a) **Blendereihe.** Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch.

Zinkblende. Blende. Sphalerit. ZnS.

Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. XX (Rodna, Kapnik, Binnenthal, Santander, Neudorf etc.) gewöhnlich verzerrt und ihrer häufigen

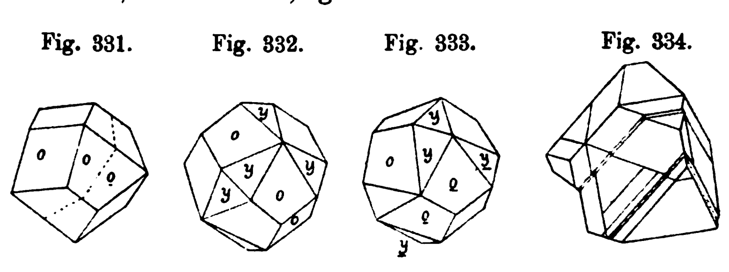


Fig. 331. Fig. 332. Fig. 333. Fig. 334.

Zwillingsbildung, auch gewölbter Flächen wegen schwer zu entziffern; zuweilen von Kupferkies überzogen. Habitus gewöhnlich dodekaedrisch,

seltener tetraedrisch oder hexaedrisch. Formen zahlreich, am häufigsten $o = (110)\infty O$, fast immer in Combination (Fig. 332) mit den charakteristischen Triakistetraedern $y = (311) + 3O3$, die an der Form als gleichschenklige Dreiecke und an der unregelmässigen Krümmung und spiessigen Streifung ihrer Flächen leicht kenntlich sind; ferner $(111) \pm O$ und $(100)\infty O\infty$. Die beiden Tetraeder sind öfters dadurch unterschieden, dass die positive Form Dreiecksstreifung zeigt und künstliche Aetzfiguren vertieft sind, während das negative Tetraeder keine geradlinigen Zeichnungen, dafür erhöhte Aetzfiguren aufweist. — Zw. überaus gemein; Zw.-Axe senkrecht zur Tetraederfläche; die beiden Individuen sind mit Tetraederflächen von entgegengesetztem Vorzeichen verwachsen, daher ist Zw.-Ebene die gemeinsame darauf senkrechte Fläche, d. i. $(211)2O2$ (Fig. 331). Charakteristisch ist die Anordnung der Flächen (311) des Zwillings Fig. 333 im Gegensatz zu der einfachen Combination Fig. 332. Die Zwillingsbildung wiederholt sich wohl lamellenartig (Fig. 334), daher die Streifung mancher Spaltstücke. — Derb und eingesprengt in späthigen, körnigen, auch strahligen Aggregaten; zuweilen in Parallelverwachsung mit Bleiglanz, Kupferkies und Fahlerz. Die feinfaserige bis völlig dichte, durch schalige, krustenartige Structur und nierige Oberfläche ausgezeichnete Schaen- oder Leberblende ist theils Blende, mehr noch Wurtzit oder ein Gemenge beider. Auch als Versteinerungsmittel und in Pseudomorphosen.

$(110)\infty O$ vollkommen, daher späthiger Bruch der Aggregate; nur die ganz dichte Schalenblende zeigt jaspisartigen Bruch. Spröde, H. $= 3\frac{1}{2}$—4, G. $= 3{,}9$—$4{,}2$. Auf den Spaltflächen halbmetallischer Diamantgl. (blendeartiger Gl.), zuweilen Glasgl. und manchmal, namentlich bei Ag-Gehalt, fast metallischer Gl.); derbe feinkörnige Blende besitzt fettig schimmernden Gl., Schalenblende ist matt. Undurchs. bis durchscheinend, zuweilen vollkommen durchs. In Folge stärkerer Beimischung von FeS gewöhnlich dunkle, braune und schwarze Farben, sonst auch gelb, bernsteinfarben, roth und grün, selten wie der Cleiophan von Franklin fast farblos. Str. lederbraun bis gelblichweiss, bald heller, bald dunkler. Beim Zerbrechen und Reiben zuweilen phosphorescirend. Br.-I. $= 2{,}369$ (Na). Zuweilen optisch anomal. Diatherman; polar pyroelektrisch.

Die Formel ZnS mit 67 Zn und 33 S ist rein theoretisch; die natürliche Blende ist eine isomorphe Mischung von ZnS mit FeS, ihre Formel also (ZnFe)S. Der Gehalt an Fe kann auf 12% und mehr steigen, besonders eisenreiche Blenden hat man mit eigenen Namen belegt, wie Marmatit 3ZnS + FeS von Marmato in Columbien, Christophit 2ZnS + FeS von der Grube St. Christoph bei Breitenbrunn. Auch sonst enthält die Blende noch manche anderen Metalle, meist nur in Spuren

wie Cd, Sn, Pb, Hg, Au, Ag, In, Ga, Tl, von denen der Ag-Gehalt zuweilen wichtig werden kann. V. d. L. verknisternd und nur an den Ecken schmelzbar; in der O.-F. Zinkbeschlag; in Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Wichtiges Zinkerz an zahlreichen Fundorten! 1. Auf Erzgängen als unzertrennlicher Begleiter des Bleiglanzes und neben den Gangarten Quarz, Kalkspath, Schwerspath, Flussspath, Eisenspath und Manganspath. Harz (Clausthal, Lautenthal, Neudorf-Harzgerode), Erzgebirge (Freiberg), Bliesenbach, Ems, Holzappel, Cornwall, Přibram, Schemnitz, Kapnik, Nagyág etc. etc.; 2. auf metasomatischen Lagerstätten in Kalken und Dolomiten mit Galmei, Bleiglanz und Brauneisen: Aachen-Stolberg, Brilon-Iserlohn, Wiesloch in Baden, Oberschlesien, Raibl in Kärnten, Nordspanien (von Picos de Europa schöne gelbe durchsichtige Spaltungsstücke), Sardinien, Algier, Gebiet des oberen Mississippi; 3. auf Contactlagerstätten in Begleitung zahlreicher Contactmineralien. Banat, Rodna in Siebenbürgen, Christianiagebiet; dahin auch die schönen XX des Binnenthals; 4. auf Fahlbändern, Lagern und Linsen im Gneiss neben Bleiglanz und Kiesen, wie zu Åmmeberg in Schweden. Analog in Thonschiefern, so auf manchen Kieslagern in Begleitung von Schwefelkies, Kupferkies, Schwerspath, wie am Rammelsberg bei Goslar, Meggen an der Lenne: 5. als gelegentliche und untergeordnete Einsprengung in Eruptivgesteinen.

Gelegentliches Hüttenproduct und als Neubildung auf Grubenhölzern. Verwittert zu Zinkvitriol. — Tetraeder der Blende sind mit Fahlerz, metallisch glänzende Bl. mit Bleiglanz, braune Bl. mit Zinnstein und grüne Vorkommnisse wohl mit Granat und Vesuvian zu verwechseln, Unterscheidung aber durch #, H. und Löthrohrverhalten stets leicht.

Manganblende. Alabandin. MnS. — Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. XX selten, (111)$\pm$O, (100)∞O∞, (110)∞O, (211)202. Zw. wie bei der Blende. Derb und eingesprengt in körnigen Aggregaten. # (100)∞O∞ (!) vollkommen, etwas spröde. H. = 3½—4, G. = 3,9—4,0. Undurchs., wenn frisch, halbmetall. Gl., gewöhnlich aber durch Anlaufen matt. Schwärzlichgrau, braunschwarz anlaufend; Str. schmutzig grün. 63,2 Mn, 36,8 S. — V. d. L. sehr schwer schmelzbar. Mn-Reaction in der Boraxperle. — Mit Manganspath zu Kapnik, Nagyág, Offenbánya: bei Gersdorf in Sachsen As-haltig, sogen. Blumenbachit. Mexico, Peru, Brasilien. — Auch als Hüttenproduct.

Kaneit soll MnAs und angeblich in Sachsen vorgekommen sein.

Eisennickelkies (Pentlandit, Folgerit, Gunnarit?) (FeNi)S. Derb, körnig mit unvollk. oktaedr. #; spröd. H. = 3½—4, G. = 4,6—5,1. Licht tombakbraun mit dunklem Str. Nicht magnetisch. Espedal und Beiern in Norwegen. Sudbury in Canada.

Dieser Reihe gehören auch die beiden meteorischen Mineralien Daubréelith CrS und Oldhamit CaS an.

b) **Wurtzitreihe.** Hexagonal.

Soweit die Mineralien dieser Reihe in deutlichen Krystallen auftreten, zeigen sie durchweg ein hexagonales Prisma begrenzt von Pyramidenflächen derselben Art

Andererseits wird auch gelegentlich eine trigonale Ausbildung des Prismas, und am künstlichen Wurtzit und Greenockit deutliche Hemimorphie neben anscheinend rhomboedrischer und skalenoedrischer Begrenzung wahrgenommen, sodass die ganze Reihe nach GROTH als ein Beispiel der Hemimorphie der trigonalen Hemiedrie, also als ditrigonal-pyramidal anzusehen ist; die hexagonalen Formen müssen dann aber als solche II Art genommen werden. Die kryst. Erforschung kann indessen noch nicht als abgeschlossen gelten.

Wurtzit. Spiauterit. Strahlen- und Schalenblende z. Th. ZnS. Hexagonal, künstliche XX sind hemimorph. a : c = 1 : 09353. — Natürliche XX sehr selten, stark horizontal gestreift, hexagonales Prisma mit Pyramide und Basis. — Derb, feinfaserig bis dicht. # prismatisch und basisch. H. = $3\frac{1}{2}$—4, G. = 3,98—4,07. Harziger Glasgl., dunkelbraun, Str. lichtbraun. Unterscheidet sich im derben Zustand von Blende durch Doppelbrechung und Pleochroismus, auch dadurch, dass W. von kalter conc. Salzsäure rascher zersetzt wird. Chem. Zus. wie Blende mit stetem Fe-Gehalt (8%), meist Cd reichlicher als in Blende. — Oruro in Bolivien; die Untersuchung einer ganzen Reihe von Blenden, sowohl solcher auf Gängen wie auf metasomatischen Lagerstätten hat ergeben, dass die sogen. Strahlen- und Schalenblenden z. Th. oder ganz Wurtzit sind, z. B. Přibram, Stolberg bei Aachen, Oberschlesien. Auch als Hüttenproduct.

Erythrozinkit (ZnMn)S, ein Mn-haltiger Wurtzit, in dünnen rothen durchscheinenden Blättchen auf Trümmern eines sibirischen Lapis Lazuli.

Anhangsweise wegen seiner isolirten chemischen Stellung im System

Voltzin. 4ZnS + ZnO mit 69,3 Zn, 27,3 S, 3,4 O. Krystalline Aggregate in Form kleiner Halbkugeln oder nieriger Ueberzüge mit dünn- und krummschaliger Structur. H. = $4\frac{1}{2}$, G. = 3,66. Ziegelroth, schmutzig rosenroth oder gelblich, mit braunen Streifen; auch grünlich. Fettiger Glasgl., auf den Structurflächen perlmutterartig; undurchs. Gangartig neben Quarz zu Rosières bei Pontgibaud und auf der Eliaszeche bei Joachimsthal.

Greenockit. CdS. Hexagonal, ausgezeichnet hemimorph. a : c = 1 : 0,9364. Natürliche XX selten und sehr klein. Hexagonale Prismen, auf der einen Seite durch hexagonale Pyramiden, auf der anderen durch die Basis begrenzt; mit pyramidalem oder tafeligem Habitus. — Gewöhnlich nur als erdiger Anflug. # prismatisch und basisch. H. = 3—$3\frac{1}{2}$, G. = 4,9—5,0. Honig- bis pomeranzgelb, auch wohl braun. Str. gelb. Starker fettiger Diamantglanz der XX, durchscheinend. 77,7 Cd. V. d. L. Cd-Reaction. Mit Blende und Galmei verknüpft, selten. Bishopton in Renfrewshire in Schottland, Přibram, reichlich auf Grube Lüderich bei Bensberg, Aachen, Kirlibaba in der Bukowina, Laurion. Künstlich.

Magnetkies. Pyrrhotin. Magnetopyrit. FeS.

Hexagonal. $a : c = 1 : 0{,}9528$ (GROTH), bei älterer Aufstellung $a : c = 1 : 1{,}7402$ (ROSE). XX nicht häufig und gewöhnlich klein; grössere von St. Leonhard in Kärnten, Morro veilho in Brasilien; öfters rosettenartig gruppirt und meist tafelige Combinationen der Basis mit hexagonalem Prisma. Die die Horizontalkanten zuweilen abstumpfenden Pyramidenflächen müssen der Isomorphie halber als solche II Art aufgefasst werden. Zw. nach $(\bar{1}122)\frac{1}{2}P2$, wobei die Individuen nahezu senkrecht auf einander stehen. — Derb, trümmerartig und eingesprengt, in schaligen, häufiger in körnigen bis dichten Aggregaten, gewöhnlich

verwachsen mit anderen Kiesen. Bis faustgrosse Pseudomorphosen von Schwefel- und Arsenkies nach Magnetkies von Freiberg.

nach $(10\bar{1}0)\infty R$ wird angegeben, ist aber selten wahrnehmbar; schaliger, wie # erscheinender Aufbau nach $(0001)0R$; spröde. H. = 3½ bis 4½, G. = 4,54—4,64. Mgl., undurchs. Licht tombakbraun, d. i. broncefarben mit Stich ins Braune, dunkler braun und matt anlaufend. Str. grauschwarz. Wird vom Magneten bald stärker, bald schwächer angezogen, selbst aber selten attractorisch.

Chem. Zus. niemals genau der Formel FeS entsprechend, sondern stets ein wechselnder und zur Zeit noch nicht genügend aufgeklärter Ueberschuss (1—2%) an S, sodass die rechnungsmässige Formel zwischen Fe_5S_6 und $Fe_{16}S_{17}$ schwankt. Der Durchschnittsformel $Fe_{11}S_{12}$ entsprechen 61,5 Fe und 38,5 S. Häufig ein Ni-Gehalt von 2—3%, selbst 5—7% in Canada (Nickelmagnetkies), der das Mineral zu einem wichtigen Nickelerz machen kann; der Magnetismus soll sich mit dem Anwachsen des Ni-Gehalts verringern. Daneben auch stets Co, zuweilen Spuren von Au und in Canada solche von Pt, welcher Pt-Gehalt wohl auf beigemengten Sperrylith zurückzuführen ist. — In der einseitigen Glasröhre kein Sublimat, löst sich in Säuren unter Abscheidung von S und SH_2.

Ist seines Ni-Gehalts wegen neuerdings wichtigstes Nickelerz geworden. 1. Hauptverbreitung im Sudbury-District in Canada, Nordostseite des Huron-Sees, wo das Mineral mit Pyrit verwachsen als magmatische Ausscheidung in präcambrischen Gabbros auftritt, gelegentlich und untergeordnet begleitet von Polydymit und Millerit. Unter gleichen geologischen Verhältnissen, d. h. in Form von Imprägnationen, Lagern, Linsen und Primärtrümmern, geknüpft an alte basische Eruptivgesteine und Serpentin, namentlich an deren Contact, findet M. sich vielorts, so in Ringerike und Espedal in Norwegen, Klefva in Schweden, Varallo im Sesiathal in Piemont, Harzburg, Reichenstein in Schlesien, Lancaster Gap Mine in Pennsylvanien etc. 2. Fahlbandartig oder mit Kieslagern verknüpft in und zwischen krystallinen Schiefern; an vielen Punkten Skandinaviens, zu Bodenmais, Todtmoos und Horbach im Schwarzwald; in den Kieslagern von Fahlun und von Ducktown, Tenn. 3. Untergeordnet als Gangmineral auf Erzgängen. St. Andreasberg, Kupferberg in Schlesien, Kongsberg, Bottino in der Provinz Lucca. 4. Gelegentlich eingesprengt auf Spatheisensteinlagern, St. Leonhard und Waldenstein in Kärnten und im körnigen Kalk von Auerbach an der Bergstrasse. 5. In Meteoriten; für regulär gehalten und Troilit genannt, messbare Krystalle von Juvinas. — Auch künstlich. —

Geht im Contact aus Pyrit hervor. — Auf frischem Bruch dem Buntkupfererz ähnlich, der jedoch röthlich tombakbraun ist; cfr. auch Horbachit und Silberkies.

Millerit. Haarkies. Gelbnickelkies. NiS.

Hexagonal. *a* : *c* = *1* : *0,9886* (Groth; = *1* : *0,32955* Miller). — XX stark verlängert, spiessig, strahlig, meist aber haarförmig dünn, sodass die Begrenzung durch Prisma und trigonale Pyramide selten deutlich ist; zuweilen gedreht; zu regellos gruppirten oder radial-strahligen Krystallbüscheln und Haarfilzen verbunden. Nicht in derben Massen.

basisch und pyramidal vollkommen, spröd. H. = 3½, G. = 5,26 bis 5,9. Mgl., messinggelb; feinste Härchen auch matt und grünlichgrau, bräunlich bis schwärzlich mit seidenartigem Gl. Str. grünlich schwarz.

64,7 Ni, 35,3 S. — V. d. L. zur magnetischen Kugel schmelzend. Nickelperle! Grüne Lösung!

Niemals in grösserer Menge. Auf Ni- und Co-Erzgängen neben Silbererzen im Erzgebirge: Johann-Georgenstadt, Joachimsthal; neben Rothnickelkies und Baryt auf Gängen (Rücken) im Kupferschiefer: Riechelsdorf, Bieber, Kamsdorf. Auf Spatheisengängen neben Kupferkies mehrorts im Siegerland und Nassau: Wissen, Nanzenbach, Dillenburg, Grüneau. Auf Trümmern und Drusen von Eisenspath und auf Thoneisensteingeoden innerhalb des productiven Steinkohlengebirges: Dortmund, Saarbrücken. In halbkugeligen, strahligen Aggregaten von schwärzlicher Farbe von der Lancaster Gap Mine in Pennsylvanien; in schönen XX *aus Höhlungen des Kohlenkalks in der Stadt St. Louis. — Auch künstlich.*

Beyrichit. NiS mit dem Habitus und der Zusammensetzung des Millerit, aber von der Farbe des Antimonglanzes; ist nach Laspeyres das primäre Mineral, aus dem aller Haarkies erst durch Paramorphose hervorgegangen ist. G. = 4,6. Ein einziges Mal frisch vorgekommen auf einem Spatheisengang der Lammerichskaule bei Altenkirchen a. d. Sieg.

Ein dem Millerit entsprechendes Kobaltmineral ist vielleicht der stahlgraue Jaipurit aus Ostindien, dessen Zusammensetzung CoS sein soll.

Rothnickelkies. Arsennickel. Kupfernickel. Nickelin. NiAs.

Hexagonal. *a* : *c* = *1* : *0,9462* Groth, = *1* : *0,8194* Breithaupt. — XX selten, hexagonale Pyramiden als flache Hervorragungen auf derben Stücken. — Derb und eingesprengt, in Trümmern, gestrickt, traubig, nierenförmig.

Br. muschlig bis uneben; spröde. H. = 5½, G. = 7,3—7,7. Mgl., licht kupferroth, dunkler bräunlich und grau anlaufend; oft mit grüner Nickelblüthe durchsprengt und überzogen. Str. bräunlich schwarz.

43,9 Ni, 56,1 As, jedoch mit wesentlicher Vertretung von As durch Sb (bis zu 28%), auch durch S. — V. d. L. auf Kohle As-Rauch, in der einseitigen Glasröhre kein Arsenspiegel, abgeröstet Nickelperle. In conc. Säuren mit grüner Farbe löslich.

Nickelerz! Mit anderen Ni- und Co-Mineralien auf Silbererzgängen in den krystallinischen Schiefern des sächsisch-böhmischen Erzgebirges: Freiberg, Schneeberg, Annaberg, Marienberg, Joachimsthal; analog zu Wittichen und Wolfach im Schwarzwald. — Selten zu St. Andreasberg. — Auf Gängen und Trümmern (Kobaltrücken) neben Schwerspath im Kupferschiefer zu Riechelsdorf, Bieber, Sangerhausen. — In grösserer Menge auf einem Erzgange der Grube La Rioja in Argentinien. — Auch künstlich.

Aehnliche Mineralien sind ged. Wismuth, Magnetkies, Antimonnickel, Linneit, Danait.

Breithauptit. Antimonnickel. NiSb. Hexagonal. a : c = 1 : 0,9962. Groth. — ✕✕ sehr selten, flach tafelartig verbreitert nach der Basis mit hexagonaler Streifung auf derselben. Derb und eingesprengt. # basisch. Br. uneben, spröde. H. = 5, G. = 7,5—7,6. Mgl. licht kupferroth, mit schwach violettem Schimmer beim Anlaufen. Str. röthlich braun. 32,9 Ni, 67,1 Sb mit etwas Fe. — V. d. L. Sb-Beschlag, sehr schwer schmelzbar. In Königswasser löslich. St. Andreasberg, Sarrabus auf Sardinien. — Airit Ni(SbAs) mit 28 Sb und 11,5 As, bildet ein Mittelglied zwischen Arsen- und Antimonnickel. Dép. Basses-Pyrénées. Wolfach.

Pyrit-Markasitgruppe.

Bisulfide etc. der Metalle Fe, Mn, Ni, Co und der Platinmetalle. Ausgezeichnetstes Beispiel der Isodimorphie, da diese nicht bloss aus isomorphen Mischungen zu schliessen ist, sondern mehrere Substanzen selbstständig in beiden Formen, nämlich regulär und rhombisch vorkommen.

	Pyritreihe (regulär, pentagonal-hemiedrisch).	**Markasitreihe** (rhombisch).
MnS_2	Hauerit	—
FeS_2	Schwefelkies, Pyrit	Markasit
FeAsS	—	Arsenkies
(FeCo)AsS	—	Glaukodot
$FeAs_2$	—	Löllingit
CoAsS	Kobaltglanz	—
NiAsS	Gersdorffit	—
NiSbS	Ullmannit	—
(NiCo)SbS	Willyamit	—
$Ni(AsSbS)_2$	Korynit	Wolfachit
$Ni(SbBi)_2$	Kallilith	—
$CoAs_2$	Speiskobalt	Safflorit
$NiAs_2$	Chloanthit	Rammelsbergit
$PtAs_2$	Sperrylith	—
RuS_2	Laurit	—

a) **Pyritreihe.** Regulär, pentagonal-hemiedrisch.

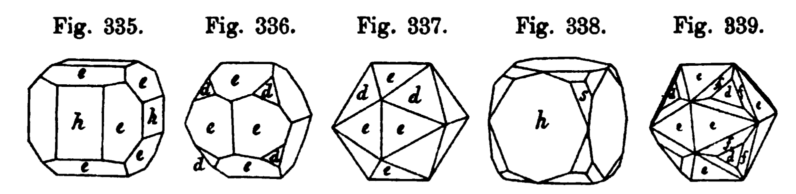
Hauerit. Mangankies. MnS_2. Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — ✕✕ z. Th. ringsum und schön ausgebildet; namentlich (111)O, daneben und in Combination wohl noch (100)∞O∞, (110)∞O, (210)∞O2, (321)3O³/₂. — Derb, in stengligen Aggregaten, gruppenartig verwachsen. — # (100)∞O∞ vollkommen. H = 4.

G. = 3,4—3,5. Frisch mit metallartigem Diamantgl., in dünnen Schichten durchscheinend und bräunlichroth, im weit häufigerem angewittertem Zustand matt, undurchs. und bräunlichschwarz. Str. röthlichbraun. — 46,1 Mn, 53,9 S, etwas Fe. — Eingewachsen in Thon und Gyps beim Schwefelwerk Kalinka bei Neusohl in Ungarn; unter ähnlichen Verhältnissen von Raddusa auf Sicilien.

Pyrit. Schwefelkies z. Th., Kies z. Th., Eisenkies. FeS_2.

Regulär, pentagonal hemiedrisch; ausgezeichnetes Beispiel dieser Hemiedrie. — XX (Traversella und Brosso in Piemont, Elba, Cornwall etc. etc.) ein- und aufgewachsen, oft ideal ausgebildet, aber auch stark verzerrt und meroedrisch. Ueber 60 verschiedene Formen sind bekannt, darunter am häufigsten sowohl für sich allein wie in Combination, Fig. 335, $h = (100)\infty O\infty$ und das sogen. Pyritoeder $e = (210)\infty O2$; in Combinationen sind ferner häufig $d = (111)O$, $f = (321)3O^3/_2$, $x = (421)4O2$; charakteristisch die ikosaederähnliche Combination (*210*), (*111*), Fig. 337 und die durch Zonenverband ausgezeichnete Combination (*210*), (*111*), (*321*), Fig. 339, bei der die Dyakisdodekaederflächen das Oktaeder umrahmen. Ausserdem noch zahlreiche Pentagon- und Dyakisdodekaeder,

Fig. 335. Fig. 336. Fig. 337. Fig. 338. Fig. 339.



während das Rhombendodekaeder, die Ikositetraeder und Triakisoktaeder selten sind. Sehr häufig charakteristische Streifung der Würfelflächen parallel den abwechselnden Kanten im Sinne der pentagonalen Hemiedrie, entsprechend auch auf den Flächen des Pentagondodekaeders parallel den Würfelkanten; die Oktaederfläche zuweilen mit dreieckiger Streifung parallel den Combinationskanten mit dem Pyritoeder, häufiger aber stark glänzend und glatt. — Ergänzungszw. zweier einander durchkreuzender Pentagondodekaeder, symmetrisch zu (*110*)∞O (sogen. Zw. des eisernen Kreuzes, besonders schön aus den Keupermergeln von Vlotho bei Minden, Fig. 340); Zw. nach (*111*)O an würfeligen XX werden angegeben, sind aber vielleicht zufällige Verwachsungen. Oefters gesetzmässige Verwachsung von Pyrit mit Markasit, wobei 2 Würfelflächen des einen mit einer Basis- und einer Prismenfläche des anderen Minerals parallel liegen. — Derb, eingesprengt, kugelig, knollig, nierenförmig, körnig und dicht; als Harnisch, in Concretionen, Dendriten, Pseudomorphosen und als häufiges Versteinerungsmedium.

Fig. 340.

(100)∞O∞ undeutlich und nur in Spuren. Br. muschlig. Spröde. H. = 6—6½, beim Anschlagen funkend unter Schwefelgeruch. G. = 4,9—5,2. Mgl., derbe, sehr feinkörnige Stücke ohne Mgl.; undurchs., speisgelb mit Stich ins Graue; auch wohl goldgelb; vielfach braun, seltener bunt angelaufen. Str. bräunlich- oder grünlichschwarz. Thermoelektrisch; sehr schwach magnetisch. Mit Königswasser oder Kalilauge Aetzfiguren.

46,6 Fe, 53,4 S, öfters mit Beimengungen von Ni, Co, Cu, Zn, As, Th, lokal und technisch bedeutsam auch mit Au und Ag. — V. d. L. mit bläulicher Flamme unter Entwicklung von SO_2 brennend und zu einer schwarzen magnetischen Kugel schmelzend; in der einseitig geschlossenen Glasröhre sublimirt Schwefel. In Salpetersäure, nicht in Salzsäure löslich.

Sehr gemein („Hanns in allen Gassen", Henkkel, Kieshistorie, 1725), *überall verbreitet, stellenweise gesteinsbildend, in den verschiedensten Lagerungsformen, mannichfacher, directer und indirecter Entstehung und wechselnder Paragenesis, vielfach mit Markasit durchwachsen. 1. Eingesprengt in krystallinen Schiefern, vielfach neben anderen Kiesen und in zonarer Verbreitung (sogen. Kies-Fahlbänder, typisch bei Kongsberg in Norwegen); analog eingesprengt, z. Th. als feinste Imprägnation in Sedimentärgesteinen jeder Art, namentlich in Thonschiefern, Alaunschiefern, Schieferthonen, Letten, Mergeln und Kalksteinen, deren graublaue Färbung auf die staubförmige Vertheilung von Pyrit zurückgeführt wird. 2. Als derbe Linsen, Lager und Stöcke (sogen. Kieslager) zwischen Urgebirgsschichten und paläozoischen Schiefern, vielfach räumlich mit 1. verknüpft und sich daraus entwickelnd. Häufig gemengt mit Magnetkies, Arsenkies, Blende und Bleiglanz, namentlich aber mit 1—5 % Kupferkies und mehr, sodass überaus wichtige Kupfererzlagerstätten hervorgehen können. Am bedeutendsten sind diejenigen der spanischen Provinz Huelva und der portugiesischen Provinz Alemtejo, z. B. Rio Tinto, Tharsis, Santo Domingo. Röraas, Vigsnäs, Sulitelma etc. in Norwegen, Fahlun in Schweden, Rammelsberg im Harz, Meggen an der Lenne, Schmöllnitz in Ungarn, Mt. Lyell in Tasmanien etc. Geologisch verwandt damit die concretionären Ausscheidungen in milden, bituminösen Gesteinen, in Stein- und Braunkohlen, im Torf. 3. Als untergeordneter accessorischer Bestandtheil zahlreicher Eruptivgesteine, namentlich basischer Beschaffenheit. 4. Als Gangmineral auf allen Erzgängen, auch des oxydischen Zinnsteins; charakteristisch für die Goldgänge; überall und gemein, wenn auch nirgends in grosser Masse. Harz, Siegen, Erzgebirge, Cornwall, Ungarn und Siebenbürgen, Californien etc. 5. Als unangenehmer Begleiter mancher Lagerstätten des Magneteisens (Traversella in Piemont etc.), des Eisenglanzes (Elba, Algier), des Spatheisens von Waldenstein in Kärnthen; auf metasomatischen Galmei und Bleiglanzlagerstätten; auf Contactlagerstätten, z. B. denen des Banats; im Steinsalz und Gyps. 6. Als untergeordnete jugend-*

liche Mineralbildung auf Thermen, Quellen, Mooren etc. — Steter Begleiter des Goldes auf allen dessen Lagerstätten.

Verwittert an feuchter Luft, namentlich wenn mit Markasit verwachsen, und zerfällt zuweilen sehr schnell unter Bildung basisch schwefelsaurer Salze. Auf der leichten Verwitterbarkeit und der dabei frei werdenden Wärme beruht die hohe Temperatur mancher Erzgruben und die Selbstentzündung mancher Kohlenhalden; bei Gegenwart von Carbonaten wird er allmählich in Goethit und Brauneisen, gelegentlich auch in Rotheisen umgewandelt. Verwendung findet er zur Gewinnung von Schwefel (es lässt sich 1 Molekül, d. h. ca. 27% S abdestilliren), Schwefelsäure (oft aber etwas As-haltig), Eisenvitriol und rothem Polirpulver. Abgeröstete Kieshaufen mancher Fundstätten lassen sich auf Kupfer verarbeiten; die abgerösteten Massen selbst finden als Eisenerz (purple ore) Verwendung. Mit Pyrit fein imprägnirte Thonschiefer, sogen. Alaunschiefer, bei denen sich durch Zersetzung Aluminiumsulfat bildet, werden zur Alaunfabrikation benutzt. Aehnliche Mineralien: Markasit (im derben Zustand oft ununterscheidbar), Kupferkies, Magnetkies und gediegenes Gold.

Kobaltglanz. Glanzkobalt. Kobaltit. CoAsS.

Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — XX (Tunaberg) zumeist eingewachsen und oft ringsum ausgebildet, wenn auch klein. *(111)O*, *(210)∞O2*, theils für sich, theils als Ikosaeder in Combination; daneben *(100)∞O∞* mit Streifung parallel den abwechselnden Kanten, während sonst die Flächen glatt und glänzend sind. Sehr seltene Zw. nach *(110)* und *(111)*. — Auch in derben und körnigen, seltener faserigen Aggregaten eingesprengt.

(100)∞O∞, nicht immer mit gleicher Deutlichkeit zu beobachten. Br. muschlig bis uneben; spröde. H. = 5½, G. = 6,0–6,4. Starker Mgl. an frischen XX; undurchs., silberweiss ins Röthliche, eisenreiche Varietäten mehr grau; gewöhnlich röthlichgrau angelaufen und nicht selten mit Anflug von Kobaltblüthe. Str. grauschwarz.

35,4 Co, 45,3 As, 19,3 S, aber regelmässig einige Procente Fe, sogar bis 12% Fe und mehr und dann Ferrokobaltit genannt. — In der einseitigen Glasröhre kein As-Spiegel. — V. d. L. unter As-Rauch zu grauer, schwach magnetischer Kugel schmelzend; nach Abröstung dunkelblaue Boraxperle. Löslich in heisser Salpetersäure.

Wichtiges Co-Erz, nirgends aber in grösseren derben Massen. 1. Fahlbandartig eingesprengt in Gneiss und Glimmerschiefer, auch in körnigen Kalken neben sonstigen Kiesen, namentlich Kupferkies: Tunaberg in Södermanland, Riddarhytta in Westmanland, mit Schwefel- und Magnetkies bei Håkansbo, mit Bleiglanz bei Vena in Nerike; Skutterud (Modum) in Norwegen, Querbach in Schlesien. 2. Als ein mit anderen Kiesen verwachsenes, bis 60 cm mächtiges Lager bei Daschkessan am Kaukasus. 3. Auf Erzgängen neben Pyrit- und Kupferkies bei Siegen.

Aehnliche Mineralien: Danait, Linneit, ged. Wismuth, auch Rothnickelkies.

Gersdorffit. Arsennickelglanz oder -Kies. Nickelglanz z. Th. NiAsS.

Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — XX eingewachsen, selten. *(100)∞O∞* am häufigsten, sonst noch *(111)O*, *(210)∞O2* und *(110)∞O*. — Derb, eingesprengt.

(100)∞O∞ ziemlich vollk. Br. uneben, spröde. H. = 5½, G. = 5,2—6,2. Mgl., undurchs. XX silberweiss ins Stahlgraue, dunkelgrau und matt anlaufend; derbe Stücke dunkler, verwittert verhältnissmässig leicht mit grünem Beschlag. Str. grauschwarz.

35,4 Ni, 45,3 As, 19,3 S mit stetem Fe-Gehalt (2—6%), auch etwas Co. — In der einseitigen Glasröhre zerknisternd und ein braunes Sublimat von Schwefelarsen gebend. — V. d. L. unter Knoblauchgeruch zu magnetischer Kugel schmelzend; in Salpetersäure theilweise und mit grüner Farbe löslich.

Nicht häufig. Für sich allein oder neben Ullmannit auf Gängen, eingewachsen oder auf Drusen von Spatheisen vorkommend; so zu Tanne und Harzgerode, auf der Grube Grossfürstin Alexandra bei Goslar am Harz, im Siegerland, Lobenstein im Vogtland. Andere Fundorte sind Schladming in Steiermark; Loosgruben in Helsingland (Schweden).

Aehnliche Mineralien cfr. Ullmannit und Speiskobalt.

Ullmannit. Antimonnickelglanz oder -Kies. Nickelglanz z. Th. NiSbS.

Regulär, pentagonal-hemiedrisch, bezw. tetartoedrisch. — XX selten (Lölling, Sarrabus und Montenarba), gewöhnlich *(100)∞O∞* mit *(111)O*, weit seltener hemiedrischer Habitus durch *(210)∞O2* neben *(110)∞O*, zuweilen sich vollkommen durchkreuzende Ergänzungszw. mit gekerbten Oktaederkanten. An XX von Lölling wurde tetartoedrische Ausbildung beobachtet. — In der Regel nur derbe, körnige Aggregate und eingesprengt.

(100)∞O∞ vollk., Br. uneben; spröde. H. = 5—5½, G. = 6,70 bis 6,73. Mgl., undurchs. Bleigrau bis stahlgrau und dunkelgrau. — XX viel heller als derbe Stücke; zuweilen bunt anlaufend; verwittert weniger leicht als Gersdorffit.

27,9 Ni, 56,9 Sb, 15,2 S; wenig Fe, aber häufig etwas As in Vertretung von Sb. — V. d. L. auf Kohle unter Sb-Rauch zur Kugel schmelzend; in der einseitigen Glasröhre geringes weisses Sublimat, in der offenen starker Sb-Rauch und SO_2. In Königswasser grüne Lösung.

Etwas häufiger als Gersdorffit, mit dem er gern zusammen vorkommt und von dem er meist nur chemisch unterschieden werden kann. Harzgerode, Lobenstein; Siegerland, Freusburg u. a. Orte im Westerwald. Lölling und Waldenstein in Kärnten. Schöne XX in Kalkspath eingewachsen von Montenarba bei Sarrabus auf Sardinien.

Aehnliche Mineralien: Gersdorffit, Bleiglanz (wegen Farbe und #) und cfr. Speiskobalt.

Willyamit (NiCo)SbS ist ein Ullmannit, bei dem etwa die Hälfte Ni durch Co isomorph ersetzt ist. # (100)∞O∞ vollk. H. = 5—6, G. = 6,87. Zinnweiss bis stahlgrau. Sehr selten. Broken Hill in Neu-Südwales.

Korynit. Arsenantimon-Nickelglanz. Ni(AsSb)S; isomorphe Mischung von Gersdorffit und Ullmannit mit ca. 30 Ni. Meist reihenförmig gruppirte, bauchig verzerrte Oktaeder oder nierenförmige Aggregate. # (100)∞O∞ unvollk. H. = 4½—5, G. = 5,994. Wenig spröd. Silberweiss ins Stahlgraue, aber gern bunt anlaufend. Str. schwarz. Olsa in Kärnten, Gosenbach bei Siegen.

Kallilith. Wismuthantimon-Nickelglanz. Ni(SbBi)S, ist ein Ullmannit in isomorpher Mischung mit einem Wismuth-Nickelglanz (ca. 12 Bi). — # (100)∞O∞ vollk. Lichtbläulichgrau. G. = 7,011. Löst sich, wenn auch langsam, im Gegensatz zu Ullmannit schon in heisser Salzsäure. Grube Friedrich bei Schönstein und auch sonst im Siegerland.

Speiskobalt. Smaltit. $CoAs_2$.

Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — XX meist aufgewachsen, oft verzerrt, schalig und aus Subindividuen aufgebaut und namentlich der Würfel oft bauchig gekrümmt und wie geborsten erscheinend. Häufigste Form *(100)∞O∞* allein oder in Combination mit *(111)O*, mit *(110)∞O* und seltener mit *(211)2O2*. Gewöhnlich derb und eingesprengt, in körnigen und dichten, schaligen und strahligen Aggregaten, an den Enden wohl in Krystallflächen auslaufend; nierenförmig und recht häufig gestrickt.

Keine deutliche #, Br. uneben; spröde. H. = 5½, G. = 6,4—6,6. Varietäten mit höherem G. bis zu 7,3 gehören wohl richtiger dem rhombischen Safflorit an. Mgl., undurchs. XX zinnweiss bis lichtstahlgrau (weisser Sp.); derbe Stücke grau bis dunkelgrau (grauer Sp.), seltener bunt anlaufend, wird dabei matt und beschlägt gern mit pfirsichblüthfarbener Kobaltblüthe, auch wohl mit weissen Nadeln von Pharmakolith. Str. grauschwarz. Beim Anschlagen As-Geruch.

28,1 Co, 71,9 As, jedoch stets mit wesentlicher Beimischung von Ni und Fe, auch etwas S. Manche von Alters her als Speiskobalt bezeichneten Vorkommnisse, z. B. von Schneeberg, enthalten sogar mehr Ni als Co und sind daher richtiger Chloanthit zu benennen, von dem er überhaupt specifisch nicht scharf abzutrennen ist. Ein höherer As-Gehalt weist auf ein Gemenge mit Skutterudit hin. Der bis 18% ansteigende Fe-Gehalt bedingt höheres Gewicht und graue Farbe. — V. d. L. auf Kohle unter As-Geruch zu einer spröden und grauschwarzen magnetischen Kugel schmelzend; in der einseitigen Glasröhre schwer, zuweilen überhaupt kein As-Spiegel. Von Salpetersäure leicht gelöst mit röthlicher Farbe.

Häufigstes Co-Erz; Vorkommen stets an das von Nickelarseniden geknüpft. Auf den sogen. Kobaltgängen des sächsisch-böhmischen Erz-

gebirges, neben Silber- und Wismutherzen namentlich bei Schneeberg und seiner Umgebung, dann bei Johann-Georgenstadt, Annaberg, Marienberg, Joachimsthal; auf den Zinnerzgängen Cornwalls. Auf den Kobaltrücken im Kupferschiefer neben Rothnickelkies und Schwerspath bei Mansfeld, Bieber und Riechelsdorf. Neben Kupfererzen und Eisenspath auf Gängen bei Dobschau in Ungarn.

Aehnliche Mineralien: Chloanthit, Gersdorffit, Ullmannit, Arsenkies, Arseneisen. — Cheleutit oder Wismuthkobaltkies von Schneeberg ist Speiskobalt, dem ged. Wismuth mechanisch beigemengt ist.

Chloanthit. Weissnickelkies und Arsennickelkies z. Th. $NiAs_2$.

Regulär, pentagonal-hemiedrisch. — Nach Form der XX und Aggregate in nichts von Speiskobalt unterschieden.

Br. muschlig bis uneben; spröde. H. = 5 ½, G. = 6,4—6,8. Starker Mgl., undurchs. XX zinnweiss, derbe Stücke grau, matt werdend und nicht selten grüner Beschlag von Nickelblüthe. Beim Zerschlagen As-Geruch.

28,1 Ni, 71,9 As, doch stets wesentliche Beimischung von Co und Fe; besonders Fe-reich der Chathamit von Chatham in Connecticut. — Im Kölbchen bildet sich As-Spiegel, der Rückstand wird kupferroth; v. d. L. auf Kohle leicht schmelzbar unter starkem As-Rauch, ein sprödes Metallkorn hinterlassend. In Salpetersäure mit grünlicher oder gelblicher Farbe löslich.

Das Vorkommen dasselbe und etwas häufiger wie das des Speiskobalts, mit dem er chemisch durch allmähliche Uebergänge verbunden ist.

Aehnliche Mineralien cfr. Speiskobalt. — Mancher sogen. Speiskobalt des Erzgebirges ist richtiger als Chloanthit zu bezeichnen.

Sperrylith. $PtAs_2$. Regulär, pentagonal-hemiedrisch. Kleine, meist hexaedrische Kryställchen (0,5 mm), zuweilen in Combination mit (111)O und (120)∞O2. Mgl., von der Farbe des Platins. H. = 6,7, G. = 10,602. Str. schwarz. Enthält neben Pt noch kleine Mengen von Rh, Fe, Sb. Aus den Ni-haltigen Magnetkieslagerstätten der Vermillion-Mine im Sudbury-District in Canada, auch im Flusssande von Macon Co. in Nordcarolina. Einzige natürliche Platinverbindung.

Laurit. RuS_2 (?) mit geringem Os-Gehalt, H. = 7½, G. = 6,99, in Form kleiner oktaedrischer Körner von eisenschwarzer Farbe aus Platinseifen von Borneo.

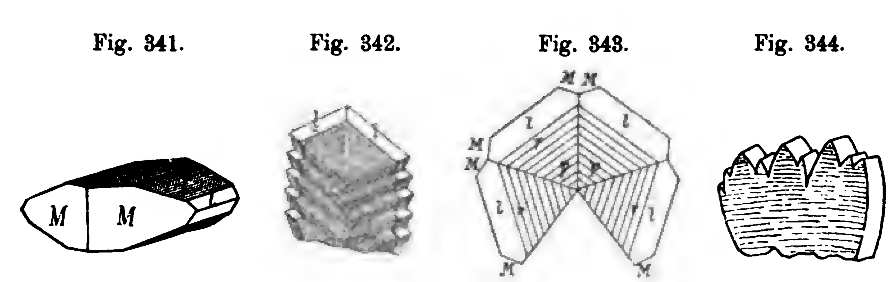
b) **Markasitreihe.** Rhombisch.

Markasit. Wasserkies. Binarkies. FeS_2.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}7662 : 1 : 1{,}2342$ (Sadebeck, an XX von Littmitz). — XX gewöhnlich mit niedrig säuligem oder tafeligem Habitus. $M = (110)\infty P$ mit 105° 5′, $r = (013)\frac{1}{3}\bar{P}\infty$, $l = (011)\bar{P}\infty$ mit 78° 2′ oben. $P = (001)0P$, $g = (101)\bar{P}\infty$ mit 63° 40′ oben, $c = (001)P$. Gewöhnlichste Combination M mit r, die wie ein Oblongoktaeder aussehen kann, oder M, r, l und P. Die Flächen P und r sind parallel

der a-Axe gestreift, sodass sie in einander verfliessen und gekrümmt sind, l glatt, Fig. 341. — Häufiger als einfache XX sind Zw.: 1. nach M mit zweifachem Habitus. Durch treppenförmige Wiederholung der M-Flächen, z. Th. auch durch wiederholte Einschaltung von weiteren Zwillingslamellen entstehen gezähnelte Gruppen (Kammkies, Erzgänge von Clausthal, Freiberg etc., Fig. 342) — oder bei cyclischer Verwachsung, bei welcher vier Individuen unter Verkürzung resp. völliger Unterdrückung der Prismenflächen verwachsen, die sogen. Speerkiese, Fig. 343 (aus der böhmischen Braunkohle von Littmitz und Altsattel und anderswo). Zumeist liegt eine ganze Reihe solcher Speerkieszw. in der Richtung und parallel der Basis hinter einander. 2. nach $g = (110)P\bar{\infty}$; die böhmischen Speerkiese durchkreuzen sich zuweilen nach diesem Gesetz. — Oefters regelmässig mit Pyrit verwachsen, der Pyrit sitzt mit einer Würfelfläche der Basis des Markasits auf und ausserdem fällt eine andere Würfelfläche in die Richtung einer Prismenfläche des letzteren. — Derb und eingesprengt, gern in hahnenkammähnlichen Gruppen (Fig. 344), in strahligen

Fig. 341. Fig. 342. Fig. 343. Fig. 344.



Aggregaten (Strahlkies), in Kugeln von radialer Structur (Pomeranzen der hallischen Braunkohle etc.), in dichten Nieren (Leberkies), zapfenförmig, als Ueberzug und Anflug, in Pseudomorphosen und als Vererzungsmittel.

nach $M = (110)\infty P$, selten deutlich. Br. uneben, spröde. H. = 6—6½, G. = 4,65—4,88. Mgl., undurchs.; speisgelb mit Stich ins Grünliche, theilweise sehr hellgrau; oft bunt, namentlich grünlich angelaufen. Str. grünlichgrau. Beim Anschlagen unter Schwefelgeruch funkend.

Chem. Zus. und v. d. L. mit Schwefelkies, neigt leichter zur Verwitterung wie dieser.

Allgemein und weit verbreitet, doch nicht in gleichem Maasse wie Schwefelkies; weder gesteinsbildend noch als accessorischer primärer Gemengtheil von Eruptivgesteinen. Am häufigsten als concretionäre Ausscheidung in ursprünglich plastischen Gesteinen, wie Thone, Mergel, Kalke, Kohlen. Braunkohlen von Littmitz und Altsattel in Böhmen; Kreide von Wollin; Jurakalke von Limmer bei Hannover; Gaultmergel von Folkestone; Tertiärthone von Gross-Almerode. Dann überall als Gangmineral

jüngerer Generation auf Drusen sulfidischer Gänge. Clausthal, Freiberg, Přibram, Schemnitz, Cornwall etc.

Verwendung und ähnliche Mineralien cfr. Schwefelkies, von dem er sich im derben Zustand in vielen Fällen gar nicht unterscheiden lässt (spec. Gew.), zerfällt oft leichter als der Schwefelkies unter Abscheidung basisch schwefelsaurer Salze.

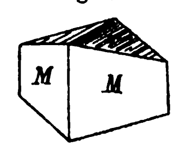
Kyrosit von Grube Briccius bei Annaberg ist ein etwas Cu- und As-haltiger Markasit.

Kausimkies (Lonchidit) von Freiberg, Cornwall etc. enthält ca. 40% As, demnach als isomorphe Mischung von Markasit und Löllingit aufzufassen. Sieht wie Arsenkies aus, zinnweiss, bunt anlaufend.

Arsenkies. Arsenikkies. Arsenopyrit. Mispickel. FeAsS.

Rhombisch, holoedrisch. Axenverhältniss und Winkel, je nach Fundort und isomorpher Beimischung schwankend. $a : b : c$ schwankend $= 0{,}67726 : 1 : 1{,}18817$ (Arzruni, an XX von Hohenstein in Sachsen, die nahe FeAsS entsprechen). — XX einzeln eingewachsen, häufiger zu Drusen und Gruppen vereinigt, vielfach in grobstrahligen, aus Subindividuen aufgebauten Krystallstöcken. — Einzelkrystalle bald kurz, bald lang säulenförmig. $M = (110)\infty P$ mit 111° 47′, $r = (014)\frac{1}{4}\breve{P}\infty$ mit 146° 51′, $g = (101)\bar{P}\infty$ mit 59° 22′, $l = (011)\breve{P}\infty$ mit 80° 10′. Gewöhnlichste Combination M und r, mit oktaedrischem Habitus (Fig. 345), dazu nicht selten auch g. Auf r grobe Streifung parallel der a-Axe, die ein wichtiges Kennzeichen abgiebt und wodurch die Oberfläche gekrümmt wird. Zw. häufig, gewöhnlich nach $g = (101)\bar{P}\infty$ mit einander durchkreuzenden Individuen, seltener nach $M = (110)\infty P$. — Derb und eingesprengt, in strahligen oder körnigen Aggregaten; auch gestrickt; zuweilen feinfaserig und nierenförmig (St. Andreasberg).

Fig. 345.



$(110)\infty P$ deutlich, Br. uneben; spröde. H. $= 5\frac{1}{2}$—6, G. $= 5{,}9$ bis 6,2. Mgl., undurchs.; silberweiss bis lichtstahlgrau, messinggelb oder grau anlaufend. Str. schwarz. Funkt vor dem Stahl unter Arsengeruch.

34,3 Fe, 46 As, 19,7 S; viele Arsenkiese zeigen aber wesentliche Abweichungen, enthalten auch oft etwas Co oder Ag (Weisserz von Bräunsdorf), nicht selten auch Au. — Im Kölbchen sublimirt zuerst rothes, dann braunes Schwefelarsen, zuletzt metallisches Arsen. V. d. L. auf Kohle eine schwarze magnetische Kugel. In Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Typisches Gangmineral, namentlich charakteristischer Begleiter auf Zinnerzlagerstätten wie im Erzgebirge, Cornwall etc., dann auf Silbererzgängen, zumal wenn sie noch von Ni- und Co-Mineralien begleitet werden; auch auf Golderzgängen. Freiberg, St. Andreasberg. Nicht selten als Einsprengung in krystallinen Schiefern, sowie accessorisch auf

Co-Fahlbändern, z. B. Kirchspiel Modum; eingesprengt in manchen Serpentinen: Reichenstein in Schlesien neben Löllingit, im Kalkstein von Auerbach und Wunsiedel, im Dolomit des Binnenthales.

Verwendung, soweit er nicht Ag und Co enthält, zur Gewinnung der arsenigen Säure. Aehnliche Mineralien: Arseneisen, Chloanthit, Speiskobalt, Antimonsilber. Verwittert zuweilen zu Pittizit und Skorodit.

Plinian ein verzerrter, anscheinend monokliner Arsenkies von Ehrenfriedersdorf.

Geierit von Geier in Sachsen, auch von Breitenbrunn, sowie Pazit von La Paz sind an As etwas reichere Arsenkiese.

Als isomorphe Mischungen von FeAsS und CoAsS aufzufassen, demnach durch die Formel (FeCo)AsS darstellbar und als Kobaltarsenkiese zu bezeichnen, sind die nachfolgenden 4 Mineralien:

1. Kobaltarsenikkies mit 6—9% Co; grünlichweiss. ✕✕ von Skutterud in Norwegen neben Kobaltglanz und Tesseralkies. Sonst noch von Vena in Schweden.

2. Danait. Schöne in Gneiss eingewachsene ✕✕, nach der a-Axe gestreckt, von röthlich stahlgrauer Farbe, mit ca. 7% Co. Franconia in New-Hampshire.

3. Glaukodot mit 16—25% Co, 12—19% Fe. ✕✕ meist prismatisch, deutlich # nach der Basis, weniger nach (110)∞P. Dunkel zinnweiss. Auf Trümmern in Chloritschiefer von Huasco in Chile; bei Håkansbo in Schweden.

4. Alloklas, ein Kobaltarsenkies, bei dem ein Theil des As durch Bi ersetzt wird und dem ausserdem Wismuthglanz und ged. Wismuth mechanisch eingemengt sind, mit 28% Bi. H. = 4—5, G. = 6,2—6,6. Stahlgrau, breitstenglige und blätterige, nach (110)∞P und (001)oP spaltende Aggregate im körnigen Kalk von Oravicza.

Löllingit. Arseneisen z. Th. Arsenikalkies. $FeAs_2$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6689 : 1 : 1{,}2331$ (Brögger). ✕✕ selten, klein, öfters nadelförmig. $d = (110)\infty P$ mit 122° 27′, $o = (101)\bar{P}\bar{\infty}$ mit 56° 57′, $l = (011)\breve{P}\breve{\infty}$ mit 78° 5′. Fast nur Combination d, o. — Zumeist derb und eingesprengt in körnigen, stengligen und nadeligen Aggregaten.

$(001)oP$ deutlich. Br. uneben; spröde. H. = 5—5½, G. = 7,1 bis 7,4. Mgl., undurchs.; silberweiss, grau anlaufend. Str. grauschwarz.

27,2 Fe, 72,8 As mit schwankendem As- und stetem S-Gehalt, enthält nicht selten etwas Co, Bi und Sb, zuweilen etwas Au (Arsenikabbrände von Reichenstein). — Im Kölbchen sofort As-Spiegel, kein rothes Sublimat. V. d. L. schwer zur magnetischen Kugel schmelzend.

Nicht häufig. Im Serpentin von Reichenstein (glänzende Nadeln und derbe Knollen), im Spatheisenlager von Lölling bei Hüttenberg in Kärnten. Auf Gängen von Schladming in Steiermark, St. Andreasberg, Geier, Ehrenfriedersdorf.

Von dem häufigeren Arsenkies, mit dem er zusammen vorkommt, äusserlich nur selten zu unterscheiden; ähnliche Mineralien cfr. Arsenkies. Verwittert zuweilen zu Skorodit.

Leukopyrit, sind gewisse Arseneisen von Přibram und Reichenstein genannt worden, die auf die Formel Fe_3As_4 resp. Fe_2As_3 oder Fe_3As_5 führen sollen.

Glaukopyrit, ein Arseneisen, in dem ein kleiner Theil Fe durch Co und etwas As durch Sb und S ersetzt sind. Dünnschalige, nierige Aggregate, lichtbleigrau, schwarz oder farbig anlaufend. H. = 4½, G. = 7,181. Aus blätterigem Kalkspath von Guadalcanal in Andalusien.

Wolfachit. $Ni(AsSSb)_2$, mit etwas Fe, dem regulären Korynit fast ganz entsprechend. Rhombisch. G. = 6,372. Glänzend zinnweiss. Str. schwarz. Wolfach.

Safflorit. Eisenkobaltkies, Spathiopyrit. $CoAs_2$, rhombische Modification des Speiskobalts; hierher gehört ein Theil des stengligen und sonstigen Speiskobalts, soweit dessen G. höher als 6,6 ist. Zinnweiss, grau anlaufend, z. Th. in kleinen XX. H. = 4½, G. = 7,1. Schneeberg (Arsenikkobalt, G. Rose), Wittichen, Bieber, Tunaberg.

Weissnickelkies. Arseniknickel, Rammelsbergit. $NiAs_2$, rhombische Modification des Chloanthits; meist derb, z. Th. in radial faserigen Aggregaten. Zinnweiss mit Stich ins Röthliche. H. = 4½—5½, G. = 7,1. Schneeberg, Riechelsdorf, Lölling.

Durch abweichendes stöchiometrisches Verhältniss von den Mineralien der Blende-Wurtzitgruppe und der Pyrit-Markasitgruppe geschieden, folgen nachstehend noch einige Sulfide der Eisenmetalle, deren Constitution z. Th. noch nicht als sicher erkannt gelten kann. Bei einigen derselben ist es wahrscheinlich, dass sie zu den Sulfosalzen, speciell zu den Sulfoferriten gestellt werden müssten; der Linneit z. B. ist in morphologischer Beziehung dem als Oxysalz gedeuteten Magnetit ganz analog.

Horbachit. $(FeNi)_2S_3$. Krystallform? Unregelmässige Knollen. Mgl., tombakfarben. Str. schwarz. H. = 4—5, G. = 4,43. Magnetisch. ca. 12 Ni. In verwittertem Gneiss von Horbach im Schwarzwald.

Melonit. Ni_2Te_3 mit 76,5 Te. Hexagonal; sehr kleine tafelige XX oder derb, späthig-körnig. # basisch vollk. Mgl., röthlich silberweiss. Str. dunkelgrau. Mit anderen Te-Mineralien von der Stanislausgrube in Californien.

Kobaltkies. Linneit. Kobaltnickelkies. $(CoNi)_3S_4$.

Regulär, holoedrisch. Häufig in gut ausgebildeten XX. — *(111)O* allein oder in Combination mit *(100)∞O∞*. Zw. nach *(111)O* nach Art der Spinellzw. — Derb und eingesprengt in körnigen Aggregaten.

(100)∞O∞ unvollk.; Br. uneben, spröd. H. = 5½, G. = 4,8–5,8, Mgl., röthlich stahlgrau, kupferroth und gelblich anlaufend. Str. schwärzlichgrau.

Chem. Constitution noch nicht sicher erkannt, möglichenfalls auch durch die Formel $(CoNi)_4S_5$ darstellbar. In den Müsener XX 14—58% Co; etwas Fe. — V. d. L. schweflige Säure, giebt abgeröstet eine magnetische Kugel. In Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Schöne Oktaeder aus Gängen von Müsen bei Siegen (Siegenit). *Im Gneiss von Bastnäs; aus den Kohlenflötzen von Rhonda Valley in Glamorghanshire. Mine la Motte in Missouri, Mineral Hill in Maryland.*

Aehnliche Mineralien cfr. Kobaltglanz.

Polydymit. Ni_4S_5. Regulär. Entweder regelmässige Oktaeder oder mit tafelförmiger Ausbildung nach einer Fläche (111)O, nach welcher zugleich wiederholte Zwillingsverwachsung stattfindet. # unvollk. (100)∞O∞; ziemlich mild. H. = 4½, G. = 4,808—4,816. Licht grau, dunkler, auch gelb anlaufend. 60 Ni, aber

etwas Fe und Co. In Spatheisenstein eingewachsen auf Grube Grüneau im Siegenschen, begleitet von Millerit. — Saynit (Nickelwismuthglanz, Grünauit) ist ein Gemenge von Polydymit und Wismuthglanz.

Sychnodymit. Co_4S_5 mit wesentlicher Vertretung von Co durch Cu und Ni. Stahlgrau. Grube Kohlenbach bei Eiserfeld im Siegenschen.

Hauchecornit. $Ni_7(SBi)_8$, ausserdem noch Sb, As, Co und Fe. Tetragonal. a : c = 1 : 1,052. X X durchweg klein, meist würfelig oder dicktafelig. (001)oP, (110)∞P, (100)∞P∞, (101)P∞, (111)P, (112)½P. Derb und verwachsen. Keine #, Br. flachmuschlig. H. = 5, G. = 6,4. Mgl., lichtbroncegelb, etwas dunkler anlaufend. Str. grauschwarz. Mit Haarkies und Wismuthglanz verwachsen auf einem Spatheisengang der Grube Friedrich im Siegenschen.

Tesseralkies. Skutterudit. Arsenikkobaltkies. $CoAs_3$. Regulär, pentagonalhemiedrisch? — In X X der Combination (111)O mit (211)2O2, auch mit (110)∞O und einigen anderen Formen. (310)∞O3 und (321)3O3/2 treten hemiedrisch auf. — Auch derb. # (100)∞O∞ deutlich. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 6, G. = 6,48 bis 6,86. Starker Mgl., lichtstahlgrau bis zinn- oder grünlichweiss, oft etwas röthlich angelaufen. Str. schwarz. ca. 20% Co, etwas Fe. — Starkes Sublimat von As_2O_3, sonst wie Speiskobalt. Aus den Kobalterzfahlbändern von Skutterud und Snarum im Kirchspiel Modum in Glimmerschiefern neben Kobaltglanz, Turtmannthal in Wallis.

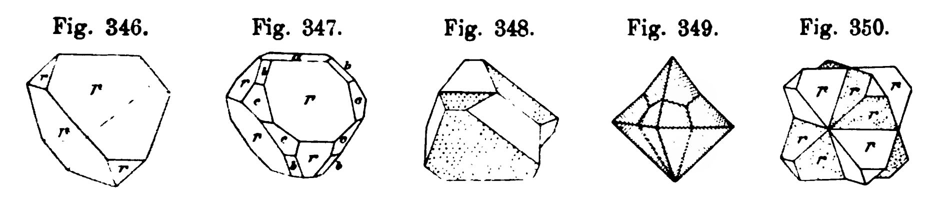
3. Abtheilung. Sulfosalze.

a) Sulfoferrite.

Die wenigen hierher gehörigen Mineralien lassen sich deuten als Sulfosalze, bei denen als Säure entweder $Fe(SH)_3$ oder häufiger daraus ableitbare Eisensulfosäuren auftreten. Die Ableitung erfolgt in der Weise, dass aus einem Vielfachen von $Fe(SH)_3$ eine oder mehrere Gruppen von SH_2 austreten. Ausserdem sind noch einige mehr oder minder analog aufgebaute Mineralien angereiht.

Kupferkies. Chalkopyrit. $CuFeS_2$ (= Cu_2S, Fe_2S_3 oder CuS + FeS). Tetragonal, sphenoidisch-hemiedrisch. *a* : *c* = *1* : *0,98525* (Haidinger). — XX zumeist klein, auf Drusen sitzend, gewöhnlich verzerrt und schwierig zu deuten, theils mit pyramidalem, theils mit sphenoidischem

Fig. 346. Fig. 347. Fig. 348. Fig. 349. Fig. 350.



Habitus; die Flächen, namentlich von grösseren XX rauh, gestreift, geknickt, aus Subindividuen zusammengesetzt. *p* = (*111*)+*P* mit 71° 20′ und zumeist gerieft oder matt, allein oder (Fig. 346) in Combination mit *r* = (*1̄11*)−*P* glatt und glänzend. Winkel *p*ˇ*r* in den Polkanten 109° 53′, in den Mittelkanten 108° 40′, daher die Combination *p r* dem regulären

Oktaeder ähnlich; das tetragonale System wurde erst 1832 erkannt. $c = (201)2P\infty$ vorherrschend oder als Abstumpfung der Combinationskanten von $p\,r$; gewöhnlich mit Streifung parallel den Mittelkanten; $b = (101)P\infty$, $a = (001)oP$, $m = (110)\infty P$, ausserdem wohl noch stumpfere und schärfere Bipyramiden, vereinzelt auch positive Skalenoeder, worunter $(313)+P3$ selbständig. Zw. häufiger als einfache XX; bei sphenoidischer Ausbildung gern Ergänzungszw. nach $(100)\infty P\infty$ mit vollkommener Durchdringung der Individuen (Fig. 350); wo dagegen durch Combination von p und r oder sonstwie der Habitus holoedrisch wird, sind Zw. nach Art der Spinellzw. sehr häufig: Zw.-Axe steht senkrecht auf $(111)P$ und die Zw.-Hälften berühren sich in ungleichnamigen[1]) Sphenoidflächen (Fig. 348). Dieses Gesetz wiederholt sich reihenweise in Form eingeschalteter Zwillingslamellen; tritt es an XX der Form $c = (201)2P\infty$ auf, so bilden sich gern cyclische Fünflinge aus, die wie Bipyramiden erscheinen, deren obere Polkanten geknickt sind (Fig. 349). Seltener sind Zw. nach $b = (101)P\infty$. — Derb, eingesprengt, angeflogen; auch in traubigen, nierigen Massen (Nierenkies, Cornwall); lokal als Ueberzug auf XX von Fahlerz, Blende und Bleiglanz; in seltenen Pseudomorphosen.

$(201)2P\infty$ selten wahrnehmbar. Br. muschlig bis uneben. H. = $3^1/_2$—4, G. = 4,1—4,3. Mässig spröde. Messinggelb mit Stich ins Grünliche, auch goldgelb; schwarz und bunt, zuweilen auf verschiedenen Flächen verschieden angelaufen. Str. grünlich schwarz.

34,5 Cu, 30,5 Fe, 35 S. — V. d. L. auf Kohle leicht zu einer grauschwarzen magnetischen Kugel schmelzend; in Salzsäure nicht, in Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Häufigstes Kupfererz, weit verbreitet und in allen Erzrevieren neben anderen geschwefelten Erzen vorherrschend oder untergeordnet auftretend. 1. In Verwachsung mit Pyrit auf sogen. Kieslagern, sowohl in krystallinischen wie in paläozoischen Schiefern. Fahlun, Röraas, Sulitelma, Rammelsberg, Schmöllnitz; weitere Fundorte cfr. Kieslager (S. 314). Desgleichen auf manchen Spatheisensteinlagern, namentlich der Ostalpen. Mitterberg, Kitzbühel. 2. Fahlbandartig vielorts in den krystallinischen Schiefern Skandinaviens etc., sowie als Imprägnation und Ausscheidung im Kupferschiefer und Weissliegenden des Mansfeldischen. 3. Sehr häufig neben Bleiglanz, Blende, Fahlerz etc. auf Gängen, die in Schichtgesteinen wie auch gern in, bezw. in der Nähe von Eruptivgesteinen aufsetzen. Clausthal, Freiberg, Dillenburg, Chile und Nordamerika vielorts; neben Zinnstein in Cornwall, Erzgebirge; neben Spatheisen im Siegenschen etc.

---

[1]) Selten sind die Individuen mit gleichnamigen Sphenoidflächen verbunden, in welchem Fall die Zwillingsaxe auf der vorigen senkrecht steht.

4. Auf Contactlagerstätten: Banat etc. 5. Untergeordnet und sporadisch als accessorischer Gemengtheil von Eruptivgesteinen.

Als Neubildung in kupfernen Leitungsröhren der Thermalwasser auf der Margareteninsel bei Pest gefunden; als gelegentliches Hüttenproduct, auch sonst künstlich dargestellt. — Aehnliche Mineralien: Pyrit, Markasit, Magnetkies, Gold; wenn schwarz angelaufen und bei sphenoidischem Habitus auch mit Fahlerz und Blende zu verwechseln.

Homichlin von Plauen und Zwickau mit grösserem Cu-Gehalt ist wahrscheinlich nicht ganz homogener Kupferkies.

Buntkupferkies. Buntkupferkies. Bornit. Cu_3FeS_3.

Regulär, holoedrisch. — XX selten, verzerrt mit unebenen, rauhen Flächen und zu traubigen Gruppen gehäuft. Meist nur *(100)∞O∞* allein oder in Comb. mit *(111)O*, seltener mit *(110)∞O* und *(211)2O2*. Zw. nach *(111)O*. Gewöhnlich derb, eingesprengt und in plattigen Ausscheidungen.

Keine # oder sehr unvollk. nach *(111)O*. Br. muschlig; spröd ins milde. H. = 3, G. = 4, 9—5,2. Mgl., röthlich tombakfarben, schnell bunt (taubenhälsig) anlaufend. Str. graulich schwarz.

Constitution als $3Cu_2S, Fe_2S_3$ deutbar; Zus. schwankend, selten der Formel mit 55,5 Cu, 16,4 Fe, 28,1 S entsprechend, öfters Cu-reicher wohl in Folge von Verwachsung und Kupferglanz. — V. d. L. zu grauer magnetischer Kugel schmelzend. In Salpetersäure und concentrirter Salzsäure unter Abscheidung von S löslich.

Wichtiges Kupfererz, namentlich für den Westen der Ver. Staaten und in Südamerika. Vorzugsweise auf Gängen als gelegentlicher Begleiter des Kupferkieses, häufiger des Kupferglanzes. Freiberg, Annaberg, Berggiesshübel in Sachsen; Lauterberg am Harz; Kupferberg in Schlesien; Siegen; Montecatini in Toscana; Dognaczka im Banat. In grösster Menge in Chile, Peru und Bolivia, ebenso in Canada. — Gern auf Zinnerzgängen wie in Cornwall (horseflesh-ore). — Betheiligt sich wesentlich an der Imprägnation des Mansfelder Kupferschiefers.

Aehnliche Mineralien: Magnetkies, erinnert auf frischem Bruch auch an Kupfernickel.

Castillit von Guanesivi in Mexico; broncegelb, ist anscheinend ein Ag-haltiger, auch sonst vermengter Bornit.

Barnhardtit. $Cu_4Fe_2S_5$ (= $2Cu_2S, Fe_2S_3$). Nur derb mit muschligem Br., spröd. H. = 3½, G. = 4,521. Broncegelb, braun oder roth anlaufend. Nord-Carolina.

Cuban. Barracanit. $CuFe_2S_4$ (= CuS, Fe_2S_3). Nur derb; reguläre XX-Form aus der hexaedrischen # zu schliessen; spröde. H. = 4, G. = 4,0—4,18. Speisgelb bis messinggelb. Str. schwarz. — V. d. L. sehr leicht schmelzbar. Cuba; Tunaberg in Schweden.

Carrollit. $CuCo_2S_4$ ist die dem Cuban entsprechende Co-Verbindung. Derb, spröd. H. = 5½, G. = 4,58. Zinnweiss bis stahlgrau mit Stich ins Röthliche. Carrol-Co. in Maryland.

Gruppe der Silberkiese

umfasst eine Anzahl rhombischer, im Habitus und auch sonst ähnlicher Mineralien, die sich durch das wechselnde Mischungsverhältniss von Fe : Ag unterscheiden. Chem. Constitution noch nicht erkannt; wohl als Ag_2S, mFe_nS_{n+1} gedeutet.

Silberkies. Rhombisch. ⨯⨯ klein, einzeln oder zu Drusen verbunden, bilden durchweg Durchkreuzungsdrillinge mit ausgeprägt hexagonalem tafeligem Habitus; gern fächer- oder rosettenartig aggregirt. Mgl., tombakbraun, grün oder blau anlaufend; kleinen Magnetkies-⨯⨯ zum Verwechseln ähnlich. Auf Silbererzgängen des Erzgebirges und von St. Andreasberg. Im Einzelnen unterscheidet man: Sternbergit $AgFe_2S_3$, Argyropyrit $Ag_3Fe_7S_{11}$, Frieseit $Ag_2Fe_5S_8$ und Argentopyrit $AgFe_3S_5$.

b) Sulfarsenite, Sulfantimonite und Sulfbismutite.

Sulfosalze, in denen As_2S_3, Sb_2S_3, Bi_2S_3 als Säuren auftreten, während die Sulfide von Pb, Zn, Fe, Cu, Ag, Hg etc. den basischen Bestandtheil abgeben.

Livingstonit. HgS, $2Sb_2S_3$ mit 22% Hg. In rhombischen, antimonitähnlichen Nadeln mit rothem Strich. H. = 2, G. = 4,81. Huitzuco und Gualdacazar in Mexico.

Chiviatit. 2PbS, $3Bi_2S_3$ mit 17% Pb und etwas Cu. Blätterig, nach drei tautozonalen Flächen spaltbar. G. = 6,9. Starker Mgl., bleigrau, sieht aus wie Wismuthglanz. Chiviato in Peru.

Cuprobismutit. $3Cu_2S$, $4Bi_2S_3$, z. Th. Ag-haltig. Gleicht Wismuthglanz. G. = 6,3—6,7. Missouri Mine in Colorado.

Zinckenit-Miargyritgruppe.

Allgemeine Formel MS, R_2S_3, wo M = Pb, Ag_2, Cu_2, Fe (?) und R = As, Sb, Bi, Se. 2 isodimorphe Reihen: Zinckenitreihe rhombisch und Miargyritreihe monoklin.

a) Zinckenitreihe. Rhombisch; ausgezeichnet durch gleichartigen Habitus ihrer strahligen Krystalle; an Antimonit erinnernd.

Zinckenit. Bleiantimonglanz. $PbSb_2S_4$ (= PbS, Sb_2S_3). 36% Pb. Rhombisch. Strahlige, spiessige ⨯⨯ der Combination (110)∞P mit 120° 39′ und (101)$P\bar{\infty}$, die stets sechsseitige, mit Längsfurchen versehene Drillinge nach (110)∞P mit flach pyramidaler Endigung bilden. Büschelig, radial- und verworrenfaserig, auch derb. — Mild, Br. uneben. H. = 3—3½, G. = 5,3—5,35. Mgl., dunkel- bis bleigrau, zuweilen bunt anlaufend. Str. schwarz. — Auf Kohle Pb- und Sb-Beschlag; geringer Rückstand. — Auf Gängen mit Antimonit bei Wolfsberg im Harz, Hausach im Schwarzwald; Sevier Co. in Arkansas, San Juan Co. in Colorado.

Andorit. $(PbAg_2)S$, Sb_2S_3, rhombisch, ist ein Ag-haltiger Zinckenit. Felsöbánya. — Sundtit und Webnerit, beide von der Grube Itos bei Oruro, sollen gleichfalls Ag-haltige Zinckenite sein.

Skleroklas. Sartorit. Bleiarsenglanz. Arsenomelan. $PbAs_2S_4$ (= PbS, As_2S_3). 42,6% Pb. Rhombisch. ⨯⨯ klein, dünn und nadelig, nach der Queraxe gestreckt und längsgestreift. ⌗ (001)oP vollk.; sehr spröd. H. = 3, G. = 5,39. Licht bleigrau. Str. rothbraun. Mit Binnit und Dufrenoysit im Dolomit des Binnenthals.

Bleiwismuthglanz. Galenobismutit. $PbBi_2S_4$ (= PbS, Bi_2S_3). 27,6% Pb. Auch

Se (12%) in Vertretung von S beobachtet (Selenbleiwismuthglanz). Nur derb. H. = 3—4, G. = 6,88. Zinnweiss, stark glänzend. Str. grauschwarz. Mit Wismuthglanz von der Ko-Grube in Wermland. — Rézbányit, derb, von Rézbánya, enthält etwas mehr Bi, dürfte aber Galenobismutit sein.

Alaskait. $(PbAg_2Cu_2)S, Bi_2S_3$ ist ein Bleiwismuthglanz, bei dem ein Theil Pb durch Ag (8%) und Cu (3%) ersetzt ist. Kleinblätterige milde Aggregate von licht bleigrauer Farbe und starkem Mgl. Alaska-Gang in Colorado.

Silberwismuthglanz. Argentobismutit. Matildit. $AgBiS_2$ (= Ag_2S, Bi_2S_3). 28,4 Ag, 54,7 Bi. Derb, selten in gestreiften prismatischen XX. Grau mit grauem Str. G. = 9,62. Grube Matilda bei Morococha in Peru, Lake City in Colorado.

Kupferantimonglanz. Wolfsbergit. Chalkostibit. $CuSbS_2$ (= Cu_2S, Sb_2S_3). 25,6 Cu. XX tafelförmig oder prismatisch, meist mit verbrochenen Enden und vollkommen pinakoidaler #. Auch derb in feinkörnigen Aggregaten, eingesprengt. H. = $3^1/_2$, G. = 4,8—5,7. Br. muschlig bis eben. Mgl., bleigrau bis eisenschwarz, zuweilen bunt anlaufend. — V. d. L. zerknisternd und leicht schmelzbar. Auf den Antimonit-Quarzgängen von Wolfsberg im Harz. — Guejarit, spanischen und bolivianischen Ursprungs, ist ident mit Wolfsbergit.

Emplektit. Kupferwismuthglanz z. Th. $CuBiS_2$ (= Cu_2S, Bi_2S_3). 19% Cu. Rhombisch. Undeutliche, nadelige und längsgestreifte XX mit pinakoidaler #. Derb, eingesprengt. Br. uneben; mild. H. = 2, G. = 6,23—6,38. Zinnweiss bis stahlgrau, gelb und auch dunkler anlaufend. Str. schwarz. — V. d. L. leicht schmelzbar. Schwarzenberg im Erzgebirge, Wittichen im Schwarzwald. Rézbánya; Copiapo.

Berthierit. Krystallform (?), umfasst im Habitus gleichartige, in der chem. Zus. wechselnde, nur z. Th. nach der Formel FeS, Sb_2S_3 zusammengesetzte, strahlige oder faserige Aggregate. # nach mehreren Richtungen undeutlich. Br. uneben. H. = 2—3, G. = 4—4,3. Dunkel stahlgrau, oft bunt anlaufend. Str. schwarz. — V. d. L. leicht zu schwarzer magnetischer Schlacke schmelzend. Chazelles in der Auvergne; Bräunsdorf bei Freiberg; Arany-Idka in Ungarn. Cornwall.

b) **Miargyritreihe.** Monoklin.

Miargyrit. Silberantimonglanz. Hypargyrit. $AgSbS_2$ (= Ag_2S, Sb_2S_3). Monoklin holoedrisch. $a : b : c = 0,748 : 1 : 0,643$; $\beta = 91^\circ 40'$. — XX klein, spiessig oder dicktafelig; federartige Streifung auf der Querfläche, aufgewachsen, zu Drusen vereinigt oder auf Rothgültigkrystallen aufsitzend. Auch derb und eingesprengt. # undeutlich. Br. kleinmuschlig bis uneben; mild. H. = 2—$2^1/_2$, G. = 5,18—5,25. Mgl., stahl- und bleigrau bis schwarz; in dünnen Splittern blutroth durchscheinend. Str. kirschroth. 36,97 Ag, 41,07 Sb, 21,96 S. — V. d. L. sehr leicht zur schwarzen Schlacke schmelzend; beschlägt die Kohle weiss und hinterlässt ein Silberkorn. — Auf Silbererzgängen neben dem häufigeren und äusserlich ähnlichen Rothgültig. Bräunsdorf bei Freiberg; Přibram; Felsöbánya (hier etwas Pb-haltig und Kenngottit genannt); Guadalajara bei Madrid; Molinares und Zacatecas in Mexico; Potosí.

Anm. Manche Rothgültigkrystalle von St. Andreasberg sind mit kleinen spitzen, scheinbar rhombischen XX, dem sogen. fahlen Rothgültig (z. Th.) überzogen. Dieselben sind von Breithaupt als Hypargyronblende, angeblich von Clausthal bezeichnet, sind aber nichts anderes als Miargyrit.

Plenargyrit. $AgBiS_2$. Monoklin; in spröden eisenschwarzen Kryställchen von der Grube Christian Friedrich im Schapbachthal; G. = 7,22. Die Formel und die Isomorphie mit Miargyrit bedürfen jedoch noch der Bestätigung.

Lorandit. $TlAsS_2$. In monoklinen, 5—10 mm grossen, meist tafeligen XX. Biegsam und nach 3 Richtungen sehr gut #. H. = 2—$2^1/_2$, G. = 5,529. Metallartiger Diamantgl. Cochenille- bis carmoisinroth, oberflächlich oft schwärzlich bleigrau,

manchmal mit ockergelbem Pulver bedeckt. Str. ziemlich dunkel kirschroth. Kleinere X X durchsichtig bis durchscheinend. Auf Realgar aufgewachsen von Allchar in Macedonien.

Plagionit. 5PbS, $4Sb_2S_3$; ca. 42% Pb. Monoklin, holoedrisch. a : b : c = 1,1363 : 1 : 0,4205. β = 107° 32′ (Rose). Kleine zu Drusen vereinigte, dicktafelige X X der Combination (001)oP, (111)−P, ($1\bar{1}1$)P, (221)−2P, (100)∞P$\bar{\infty}$. Auf (111), ($1\bar{1}1$), (221) Combinationsstreifung mit (001); (001) selbst glatt. — Derb, körnig, auch traubig. # (221) deutlich. Br. uneben, spröd. H. = 2½, G. = 5,4—5.6. Dunkel bleigrau und eisenschwarz, Str. schwarz. — V. d. L. stark zerknisternd, sehr leicht schmelzbar. Wolfsberg im Harz; Goldkronach im Fichtelgebirge.

Binnit vom Rath. Dufrenoysit Damour. $3Cu_2S$, $2As_2S_3$. Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. X X sehr klein, (110)∞O, (211)2O2 u. a.; zumeist derb und eingesprengt. Br. muschlig; sehr spröd. H. = 2—3, G. = 4,4—4,7. Mgl., stahlgrau bis eisenschwarz. Str. kirschroth. 39 Cu, etwas Pb und Ag isomorph beigemischt. Im Dolomit des Binnenthals.

Klaprothit. $3Cu_2S$, $2Bi_2S_3$ mit 15 Cu. Rhombisch, langgestreckte und vertical gestreifte X X der Combination (101)∞P, (100)∞P$\bar{\infty}$. # (100)oP vollk. H. = 2½, G. = 4,6. Gelblich stahlgrau, bunt anlaufend. Str. schwarz. Wittichen u. a. O. im Schwarzwald; Sommerkahl im Spessart.

Schirmerit. $3(Ag_2Pb)S$, $2Bi_2S_3$. Nur derb; feinkörnig, bleigrau. G. = 6,737; leicht schmelzbar. In Quarz eingewachsen. Colorado.

Domingit. Warrenit. 3PbS, $2Sb_2S_3$. In feinsten verfilzten Nädelchen. System (?). Domingo-Grube in Colorado.

Rathit. 3PbS, $2As_2S_3$ mit 52 Pb. Prismatische, rhombische X X. # (010) ∞P$\breve{\infty}$ vollk. H. = 3, G. = 5,4. Mgl., bleigrau. Str. braun. Aus dem Dolomit des Binnenthals.

Jamesonitgruppe.

Allgemeine Formel 2MS, R_2S_3, also Verhältniss 2 : 1; bilden eine isomorphe Reihe. Rhombisch.

Jamesonit. $Pb_2Sb_2S_5$ (= 2PbS, Sb_2S_3). Rhombisch, holoedrisch. a : b : c = 0,8915 : 1 : (?). — X X lang prismatisch, spiessig, (110)∞P mit 101° 20 und (010)∞P$\breve{\infty}$, ohne gute Endbegrenzung, gewöhnlich zu parallel- oder divergent-strahligen Krystallgruppen vereinigt. Auch derb in strahlig-faserigen Aggregaten. # (001)oP vollk.; mild. H. = 2—2½, G. = 5,56—5,8. Mgl., stahlgrau bis dunkelbleigrau. Str. grau. 50,8 Pb, 29,5 Sb, 19,7 S mit etwas Fe, Cu oder Ag. — V. d. L. wie Zinckenit, doch grösserer Rückstand in Form einer eisenhaltigen Schlacke. Auf Erzgängen. Mehrorts in Cornwall; Ungarn; Nertschinsk; Estremadura. Aehnliche Mineralien: die Bleispiessglanze, im Besonderen der Zinckenit und Antimonit. — Federerz oder Plumosit, auch Heteromorphit ist zum grössten Theil sehr feinnadeliger, verfilzter, lockerer oder dichter Jamesonit; Pfaffenberg und Meiseberg bei Neudorf am Harz, Freiberg, Felsöbánya. # Aber auch verfilzter Antimonit, z. B. von Andreasberg, wird mit dem Namen Federerz belegt. Bei dem als Zundererz bezeichneten rothbraunen lappigen Federerz von Clausthal und Andreasberg ist noch Rothgültig und Arsenkies mechanisch eingemengt. Der plagionitähnliche, auch als Plagionit bezeichnete Heteromorphit von Arnsberg in Westphalen führt auf die Formel 7PbS, $4Sb_2S_3$.

Dufrenoysit VOM RATH. $Pb_2As_2S_5$ mit 57 Pb. Rhombisch. a : b : c = 0,938 : 1 : 1,531. — X X selten, z. Th. ziemlich gross und flächenreich, sind dick tafelig oder breitsäulig, nach der Queraxe gestreckt und gestreift. Derb. # nach (001)oP vollk., spröd. H. = 3, G. = 3,5—3,6. Mgl., dunkel bleigrau; Str. röthlich braun. — Aus dem Dolomit des Binnenthales.

Cosalit. $Pb_2Bi_2S_5$ mit etwas Ag. Längsgestreifte, wahrscheinlich rhombische, bleigraue Prismen von Cosala in Mexico. — Bjelkit in stahlgrauen strahligen Aggregaten aus Wermland ist damit identisch. — Kobellit, derb von Vena in Schweden ist Cosalit, bei dem ein grösserer Theil von Bi durch Sb ersetzt wird.

Schapbachit (Wismuthsilbererz) ist ein Ag-haltiger (bis 22% Ag) Cosalit, in kleinen basisch # Täfelchen oder derb. Licht bleigrau. H. = 3½, G. = 6,43. Schapbachthal.

Semseyit. 9 PbS, $4 Sb_2S_3$. In monoklinen tafeligen X X vom Habitus und Aussehen des Plagionit. # (111). G. = 5,9. Felsöbánya, Rodna; Wolfsberg im Harz.

Boulangeritgruppe.

Allgemeine Formel 5 RS, $2 Sb_2S_3$, worin R = Pb oder Ag ist; dimorph.

Boulangerit. $Pb_5Sb_4S_{11}$ (= 5 PbS, $2 Sb_2S_3$).

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5527 : 1 : 0{,}7478$ (SJÖGREN). — X X sehr selten, prismatisch; fast stets in derben, feinkörnigen bis feinfaserigen und ganz dichten Massen vom Aussehen des Bleischweifs oder in faserigstrahligen Aggregaten, die dem Federerz gleichen.

Nur in geringem Grade spröde. H. = 2½—3, G. = 5,8—6,18. Mgl. bis matt, dunkel bleigrau, oft seidenartig schimmernd. Str. schwarz; undurchs., nicht selten mit gelben Flecken von Antimonocker besprenkelt.

55,4 Pb, 25,7 Sb, 18,9 S. — V. d. L. leicht schmelzbar, Pb- und Sb-Reaction. Von heisser Salzsäure gelöst.

Auf Gängen neben Antimonglanz, nur lokal wichtiges Bleierz wie zu Molières, Dép du Gard, sonst spärlich. Ober-Lahr, Wissen a. d. Sieg, Wolfsberg im Harz, Přibram, Schneeberg in Tirol, Bottino in Toscana, Sala in Schweden, Nasafjeld in Lappland, Nertschinsk im Ural.

Diaphorit. $5(PbAg_2)S$, $2 Sb_2S_3$. Rhombisch, isomorph mit Boulangerit, aber chemisch wie Schilfglaserz und diesem auch physikalisch ähnlich. Flächenreiche X X und Zw. Stahlgrau, sehr spröde. H. = 2½—3. G. = 5,902. Sehr selten. Přibram, Felsöbánya. — Mit Diaphorit stimmt in allen Eigenschaften und in der Dichte überein

Brongniartit, derb, von Potosi in Bolivien; die Angaben über reguläre Form und Mexico als Fundort sind irrthümlich.

Schilfglaserz. Freieslebenit. $5(PbAg_2)S$, $2 Sb_2S_3$, also zusammengesetzt wie Diaphorit, aber monoklin holoedrisch. β = 92° 14′. Flächenreiche (namentlich in der Zone der *c*- und *a*-Axe), prismatische X X mit Verticalstreifung in Folge oscillatorischer Wiederholung von Prismenflächen. Zw. nach mehreren Gesetzen, hauptsächlich nach (100)∞P$\bar{\infty}$. — Derb, eingesprengt. # (110)∞P unvollk., Br. muschlig. H. = 2—2½, G. = 6,19—6,38. Blei- bis licht stahlgrau, schwarz anlaufend; Str. grau. 33 Pb, 23 Ag. — Freiberg; Přibram; Kapnik, Felsöbánya; Hiendelaencina in Spanien.

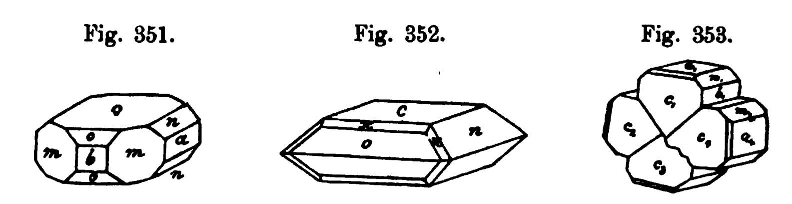
Bournonitgruppe.

Allgemeine Formel 3MS, R_2S_3, worin M = Pb, Cu_2, Ag_2, Fe und R = Sb, As, Bi. Rhombisch, holoedrisch; wahrscheinlich isomorph.

Bournonit. Schwarzspiessglaserz. Spiessglanzbleierz. $(PbCu_2)_3Sb_2S_6$ = 3 $(PbCu_2)S$, Sb_2S_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9379 : 1 : 0{,}8968$ (Miller). — XX mit tetragonalem Habitus, dicktafelig durch Vorherrschen der Basis,

Fig. 351. Fig. 352. Fig. 353.



seltener nach einer Axe säulenförmig gestreckt. $m = (110)\infty P$ mit 93° 40′, $c = (001)oP$, $a = (010)\infty P\breve{\infty}$, $n = (011)P\breve{\infty}$ mit 96° 13′, $b = (100)\infty P\bar{\infty}$, $o = (101)P\bar{\infty}$ mit 92° 34′, $x = (102)\frac{1}{2}P\bar{\infty}$, $u = (112)\frac{1}{2}P$. Zw. nach $(110)\infty P$ häufig, theils Juxtapositionszw. und dann bei der ungefähren Rechtwinkligkeit von $(100)\infty P$ einfachen Individuen ähnlich, theils kreuzförmige Penetrationszw.; auch wiederholte polysynthetische und cyclische Viellingsbildung, welche im Verein mit der häufigen reihenförmigen Parallelverwachsung charakteristische, an Zahnräder erinnernde Gestalten (Rädelerz) Fig. 353 erzeugt. — Derb, körnige bis dichte Massen, auch eingesprengt.

$(010)\infty P\breve{\infty}$ selten deutlich, Br. muschlig; spröde. H. = 2½—3, G. = 5,7—5,86. Starker fettartiger Mgl. auf frischem Br. XX äusserlich oft matt; stahl- bis bleigrau und eisenschwarz, Str. grau.

42,6 Pb, 13 Cu, 24,6 Sb, 19,8 S; zuweilen etwas As. Im reinen Bournonit niemals Silber! — V. d. L. leicht zu schwarzer Kugel schmelzbar; Bleibeschlag; der Rückstand mit Soda Kupferkorn.

Wichtiges Blei- und Kupfererz! Auf Gängen neben Blei- und Antimonerzen. Neudorf, Wolfsberg, Clausthal. Bräunsdorf; Horhausen; Přibram; Kapnik; Nagyág; Servoz in Piemont; Cornwall (mehrorts, z. B. St. Endellion, Liskeard); Pontgibaud und Alais; Mexico; Bolivia; Chile; Peru.

Aehnliche Mineralien neben Fahlerz die sogen. Bleispiessglanze. — Wölchit von Wölch und Olsa bei Friesach in Kärnten sind theilweise zersetzte Bournonitkrystalle genannt. — Die beiden derben Mineralien Plumbostib und Embrithit von Nertschinsk sind möglichenfalls reine Blei-Bournonite 3PbS, Sb_2S_3, obwohl die Analysen etwas mehr Pb ergeben; der derbe Guitermanit aus der Zuñi-Mine bei Silverton in Californien ebenso vielleicht ein reiner Arsen-Bournonit 3PbS, As_2S_3.

Stylotyp. $3(CuAg)_2S$, Sb_2S_3, mit ca. 8% Ag und etwas Fe; bündelartig

gruppirte Prismen mit quadratischem Querschnitt. H. = 3, G. = 4,79. Tief eisenschwarze Farbe und Str. — V. d. L. zur magnetischen Kugel schmelzend. Copiapo, Chile.

Nadelerz. Patrinit. Aikinit. $3(PbCu_2)S, Bi_2S_3$, also die dem Bournonit entsprechende isomorphe Wismuthverbindung. Rhombisch, holoedrisch. — Nadelförmige, längs gefurchte und quer geknickte oder gebogene X X ohne deutliche Enden. # nach einer Verticalfläche. Br. muschlig, spröd. H. = 2½, G. = 6,7—6,8. Mgl., blei- bis stahlgrau; oft bunt, namentlich bräunlich angelaufen und mit gelblich-grünem Ueberzug. 36 Pb und 11 Cu. — V. d. L. sehr leicht schmelzbar. Neben Gold auf Quarzgängen im Granit von Beresowsk.

Lillianit. $3PbS, Bi_2S_3$. Nur derb bekannt; stahlgrau, enthält etwas Ag. Lillian-Mine bei Leadville in Colorado, Vena in Schweden. — Ein Sb-haltiger Lillianit von Vena in Schweden ist Kobellit genannt.

Wittichenit. Kupferwismuthglanz. Wismuthkupferblende. $3Cu_2S, Bi_2S_3$. Rhombisch. X X tafelförmig, selten. Derb und eingesprengt. Br. uneben, feinförmig; milde. H. = 2½, G. = 4,3—4,5. Bleigrau, Str. schwarz. 38,4 Cu, 42,1 Bi, 19,5 S; mehr Bi rührt von Einmengung her. — V. d. L. mit Aufschäumen schmelzend, Bi-Beschlag, mit Soda Kupferkorn. Wittichen im Schwarzwald.

Gruppe der Rothgültigerze.

2 isodimorphe Reihen von der Formel $3Ag_2S, Sb_2S_3$ bezw. $3Ag_2S, As_2S_3$.

	Rothgültigreihe	**Feuerblendereihe**
	hexagonal, ditrigonal-pyramidal.	monoklin, holoedrisch.
$3Ag_2S, Sb_2S_3$.	Antimonsilberblende. Pyrargyrit.	Feuerblende.
$3Ag_2S, As_2S_3$.	Arsensilberblende. Proustit.	Xanthokon.

a) Rothgültigreihe.

Nach früherer Bezeichnungsweise gehören die X X dieser Reihe der Hemimorphie der rhomboedrischen Hemiedrie an, wofür richtiger Hemimorphie der trigonalen Hemiedrie zu setzen ist, die X X sind also ditrigonal-pyramidal. — Die beiden Glieder der Reihe sind in ihren krystallographischen Verhältnissen sehr ähnlich, dagegen chemisch scharf von einander geschieden. Eine wesentliche Mischung beider Substanzen kommt trotz der analogen Formel nicht vor, vielmehr liegt in den Fällen, wo die Analyse einen beträchtlichen Procentsatz von As neben Sb und umgekehrt nachweist, nicht isomorphe Mischung, sondern erkennbare Verwachsung vor. — Auf Grund der dunkleren oder lichteren Farbe sind beide Rothgültigerze nicht immer sicher zu unterscheiden, wohl aber mit Hülfe ihres Strichpulvers, daneben durch den Winkel der trigonalen Pyramide (108° 38′ bezw. 107° 48′) und durch das spec. Gewicht.

Antimonsilberblende. Dunkles Rothgültig. Pyrargyrit. $Ag_3SbS_3 = 3Ag_2S, Sb_2S_3$.

Hexagonal, ditrigonal-pyramidal. $a : c = 1 : 0,7892$ (Miers). — X X (St. Andreasberg, Gonderbach, Freiberg etc.), aufgewachsen, flächenreich, öfters schön ausgebildet, aber auch verzerrt und schwierig zu deuten. Von den zahlreichen Formen (über 80) sind die häufigsten[1]: $n = (11\bar{2}0)\infty P2$ mit

[1] Mit Rücksicht auf die frühere rhomboedrische Auffassung der Krystalle, der auch der Habitus entspricht, ist den Miller'schen Indices jedes Mal das alte Rhomboedersymbol Naumann's zugefügt.

Combinationsstreifung nach h; $h = (21\bar{3}1)R3$ mit 144° 48′ und 105° 35′, mit gleicher Streifung wie auf n; $z = (01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$ mit 137° 55′, längs gestreift; $l = (21\bar{3}4)\frac{1}{4}R3$; $f = (32\bar{5}1)R5$; $p = (10\bar{1}1)R$ mit 108° 38′; $k = (10\bar{1}0)\infty R$; $q = (16\bar{7}1) - 5R\frac{7}{5}$; $s = (10\bar{1}4)\frac{1}{4}R$; selten $c = (0001)oP$ rauh und drusig. Habitus der Combinationen ist am häufigsten prismatisch durch Vorwalten von $n = (11\bar{2}0)\infty P2$ oder scheinbar skalenoedrisch bezw. rhomboedrisch (Fig. 354 u. 355) durch den Umstand, dass

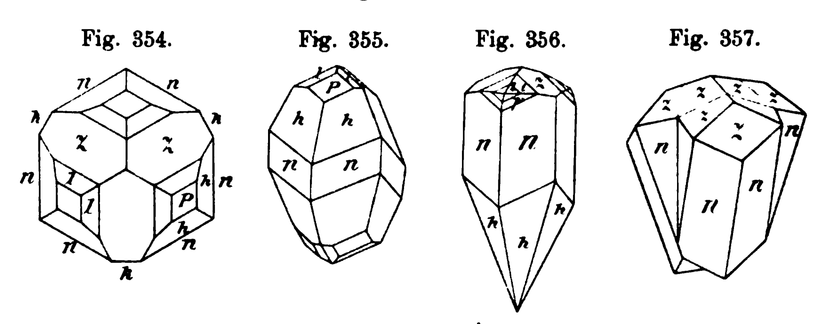


Fig. 354. Fig. 355. Fig. 356. Fig. 357.

die ditrigonalen und trigonalen Pyramiden an einseitig aufgewachsenen XX wie Skalenoeder und Rhomboeder erscheinen, wie auch durch das Auftreten inverser Pyramiden an beiden Enden und durch Ergänzungszwillinge nach n, die rhomboedrische Symmetrie erzeugen. Weit seltener ist ausgeprägte Hemimorphie, die sich besonders in der trigonalen Ausbildung des Prismas I Art und in der verschiedenen Ausbildung der Polenden, und zwar gern so äussert, dass an dem einen Pol neben z stumpfe Skalenoeder, an dem anderen Ende spitze Skalenoeder auftreten (Fig. 356). — Zw. nach mehreren Gesetzen. 1. Am häufigsten Ergänzungszwillinge nach $n = (11\bar{2}0)\infty P2$ mit gegenseitiger Durchdringung und Herstellung rhomboedrischer Symmetrie. Als Verwachsungsfläche, kenntlich durch die hindurchlaufende Zwillingsnaht, dient neben n auch noch p und s oder eine unregelmässige Abgrenzung. 2. Häufig nach der trigonalen Pyramide $s = (10\bar{1}4)\frac{1}{4}R$, wobei je 2 Flächen z und deren Polkanten in dieselbe Richtung fallen, öfters derart, dass drei Individuen sich cyclisch (bouquetartig) um ein viertes gruppiren (Fig. 357). 3. und 4. Selten nach $p = (10\bar{1}1)R$ und $z = (01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$. — Derb, eingesprengt, als Anflug und dendritisch auf Haarklüften, in Pseudomorphosen nach Silberglanz.

$(10\bar{1}1)R$ ziemlich vollk., nach $(01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$ unvollk. Br. muschlig bis splittrig; etwas spröd. H. = $2\frac{1}{2}$—3, G. = 5,85, wenn As-haltig, 5,77—5,85. Blendeartiger bis stark metallischer Gl., auch matt; im auffallenden Licht dunkelroth bis bleigrau und eisenschwarz; im durchfallenden Licht roth durchscheinend oder undurchsichtig. Str. und Strichpulver kirschroth.

60 Ag, 22,2 Sb, 17,8 S; gewöhnlich ein wenig As enthaltend. — V. d. L. leicht schmelzend, die Kohle weiss beschlagend unter Hinterlassung eines Silberkorns.

Wichtiges und häufiges Silbererz! Nur auf Gängen, in Gesellschaft anderer Silbermineralien neben Bleiglanz; Kalkspath die gewöhnliche Gangart. St. Andreasberg; Freiberg; Gonderbach in Westfalen; Přibram; Schemnitz, Kremnitz; Hiendelaencina in Spanien. Vielorts in Mexico (Zacatecas, Guanaxuato) und Chile (Chañarcillo), in Colorado, Nevada, Arizona etc.

Wandelt sich in Silberschwärze und ged. Silber um. — Aehnliche Mineralien sind Proustit, Cuprit, Rothkupfer, Miargyrit, Rotheisen und Zinnober.

Arsensilberblende. Lichtes Rothgültig. Proustit. Ag_3AsS_3 ($= 3\,Ag_2S_2, AS_3$). Hexagonal, ditrigonal-pyramidal. $a : c = 1 : 0{,}8038$ (Miers). — XX (Chanarcillo u. a.) in ihrem Auftreten und Habitus wie beim dunklen Rothgültig, doch nicht so flächenreich und ohne deutlich hervortretende Hemimorphie. $h = (21\bar{3}1)R3$ mit 144° 42′ und 105° 21′ an den Polkanten; $n = (11\bar{2}0)\infty P2$; $z = (01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$ mit 137° 14′; $(02\bar{2}1) - 2R$; $p = (10\bar{1}1)R$ mit 107° 48′; $k = (10\bar{1}0)\infty R$. Basis mit Sicherheit noch nicht beobachtet. Zumeist ditrigonaler Habitus oder skalenoedrisch durch $(21\bar{3}1)R3$. Zw. wie beim Pyrargyrit. — Derb, eingesprengt, als Anflug und dendritisch.

$(10\bar{1}1)R$ unvollk., Br. muschlig, etwas spröde. H. = 2½, G. = 5,57, wenn Sb-haltig 5,58—5,64. Blendeartiger Diamantgl., halbdurchs. bis durchscheinend. Farbe und Str. scharlach- bis zinnoberroth.

65,4 Ag, 15,2 As, 19,4 S, zuweilen ein wenig Sb enthaltend. — V. d. L. auf Kohle leicht ein Silberkorn; Arsengeruch.

Vorkommen wie Pyrargyrit, meist untergeordnet neben demselben und seltener. Sehr selten bei St. Andreasberg[1]*; vorherrschend: bei Annaberg, Marienberg, Joachimsthal im Erzgebirge; Wittichen im Schwarzwald; Markirch in den Vogesen; Chalanches im Dauphiné; Chañarcillo in Chile, Colorado, Nevada, Arizona.*

b) **Feuerblendereihe.** Monoklin.

Feuerblende. Pyrostilpnit. Ag_3SbS_3 ($= 3\,Ag_2S, Sb_2S_3$). Monoklin, holoedrisch. a : b : c = 1,9465 : 1 : 1,0973. β = ca. 90° — XX klein und zart, dünntafelig nach (001)oP, aber zumeist in Zw.; gewöhnlich büschelig oder zu Rosetten gruppirt. # (001)oP vollk. H. = 2, G. = 4,2—4,25. Perlmutterartiger Diamantgl., durchscheinend; hyacinthroth bis rothbraun. Chem. Zus. wie Pyrargyrit, als dessen seltenes Begleitmineral die Feuerblende vorkommt. St. Andreasberg, Wolfach, Freiberg, Přibram, Felsöbánya, Chañarcillo.

Xanthokon. Rittingerit. Ag_3AsS_3 ($= 3\,Ag_2S, As_2S_3$). Monoklin, holoedrisch.

[1]) Das sogen. lichte Rothgültigerz von St. Andreasberg ist meist Pyrargyrit.

a : b : c = 1,9187 : 1 : 1,0152. β = 90° 13′. Kleine, im Habitus und Aussehen der Feuerblende ähnliche XX von hexagonalem Habitus. Zw. und # (001)oP. H. = 2—3, G. = 5,54. Perlmutterartiger Diamantgl., durchscheinend; orangegelb bis zinnoberroth. Chem. Zus. wie Proustit, denselben begleitend. Selten. Freiberg, Joachimsthal, Rudelstadt in Schlesien, Chañarcillo.

Tapalpit. Tellurwismuthsilber. $Ag_3Bi(STe)_3$. Krystallform unbekannt, feinkörnig, licht stahlgrau. G. = 7,80. Grube San Antonio in der Sierra de Tapalpa in Mexico.

Gruppe der Fahlerze.

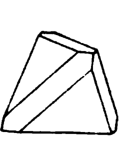
Auf Grund der chemischen Zusammensetzung zerfallen die in ihren krystallographischen und physikalischen Merkmalen durchaus übereinstimmenden und daher früher als eine Art betrachteten Fahlerze in mehrere, jedoch wegen ihrer isomorphen Mischung nicht scharf getrennte Glieder; im Besonderen liegt nicht eine solche scharfe Trennung vor wie beim Rothgültig zwischen dem Antimon- und dem Arsenfahlerz. Sie sind aufgebaut nach der allgemeinen Formel $4MS, R_2S_3$ ($M = Cu_2, Ag_2$, Fe, Zn. Hg_2; R = As, Sb, Bi) und lassen sich, wenn man nur den wichtigsten Bestandtheil, das Kupfer, berücksichtigt, in der Mehrzahl als isomorphe Mischung von $\left\{\begin{matrix} 4Cu_2S, As_2S_3 \\ 4Cu_2S, Sb_2S_3 \end{matrix}\right\}$ auffassen. Alle sind wichtige Kupfererze (26—55% Cu), haben gewöhnlich auch einen wesentlichen Silbergehalt, sehr selten jedoch Blei, das in den meisten Fällen von mechanischer Verunreinigung herrührt. — Die Krystallform ist ausgezeichnet regulär, tetraedrisch-hemiedrisch.

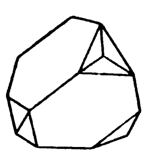
Fahlerz. Tetraedrit. $4Cu_2S, Sb_2S_3$ bezw. $4Cu_2S, As_2S_3$.

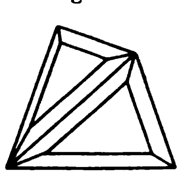
Regulär, ausgezeichnetes Beispiel der tetraedrischen Hemiedrie. — XX (Kapnik und vielorts) oft flächenreich und schön ausgebildet; Habitus gewöhnlich ausgeprägt tetraedrisch, seltener rhombendodekaedrisch (Tennantit, Schwatzit). *P* = (*111*)*O*, gewöhnlich stark glänzend, öfters auch mit Streifung parallel den Kanten; *o* = (*110*)∞*O*; *l* = (*211*)*2O2* als Pyramidentetraeder; diese 3 Formen treten wohl allein auf, meist aber in Combination, dazu ferner noch *e* = ($\bar{1}\bar{1}1$) — *O* (oft rauh); *f* = (*100*)∞*O*∞; *n* = (*331*) *3O*; *r* = ($2\bar{1}\bar{1}$) — *2O2*; *s* = (*130*)∞*O3*. Sehr selten Ergänzungszw, dagegen sehr häufig Penetrationszw. nach (*111*)*O*.

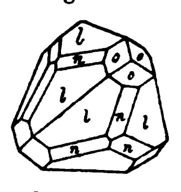


Fig. 358. Fig. 359. Fig. 360. Fig. 361.









wodurch nasenartige Vorsprünge auf den Tetraederflächen erzeugt werden. Die XX mehrerer Fundorte (Clausthal, Wolfach, Cornwall) tragen zuweilen einen feinkrystallinischen Ueberzug von Kupferkies, seltener von

Zinkblende (Kapnik), wobei die Axen der aufsitzenden Kryställchen parallel den Axen des Fahlerzes orientirt sind. — Derb, eingesprengt, körnig oder dicht.

(*111*)*O* sehr unvollk. und selten wahrnehmbar. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 3—4, G. = 4,36—5,36. Mgl., Oberfläche der XX jedoch häufig auch matt, undurchs. Stahlgrau bis eisenschwarz, nicht selten bunt angelaufen, durch Kupferkiesüberzug auch messingfarben. Str. schwarz, in den Zn-reichen Varietäten röthlichbraun.

Chem. Zus. mannichfach; siehe oben und die nachstehenden Varietäten. Im Wesentlichen Kupfererze, jedoch fast immer mit Vertretung wechselnder Kupfermengen durch Fe, Ag, Zn, Hg, aber nur selten durch Pb. — V. d. L. leicht zu einer grauen Kugel schmelzend, welche abgeröstet auf Cu und Fe reagirt. Von Königswasser vollständig zersetzt; sonst chemisches Verhalten je nach der Zusammensetzung verschieden.

Vorkommen selten fahlbandartig und als Imprägnation des Kupferschiefers; am häufigsten auf Gängen in krystallinischen Schiefern und im paläozoischen Gebirge neben sulfidischen Erzen (Kupferkies, Blende, Bleiglanz, Bournonit) und Quarz, Spatheisen, Schwerspath als gewöhnlichen Begleitern: Clausthal, Freiberg, Siegen, Dillenburg, Horhausen, Přibram, Brixlegg in Tirol; zu Kapnik auf Gängen in Trachyt; vielorts in Cornwall auf Gängen neben Zinnstein, Kupferkies, Kupferglanz. Californien; Mexico; Chile; Bolivia etc.

Nach der chem. Zus. lassen sich unterscheiden:

1. Arsenfahlerz (lichtes Fahlerz). $4(Cu_2FeZn)S, As_2S_3$ mit ca. 38—55% Cu, 2—8 Fe, 0,9 Zn, 18—20 As, 25—28 S; nur mit Spuren von Sb, frei oder sehr arm an Ag und Hg. Gewöhnlich von lichterer Farbe. — Hierher Tennantit, besonders kupferreich, Cornwall, Skutterud; Julianit, fast reines Cu-Fahlerz, geringe Härte, kleine traubige Krystallgruppen in und auf Kalkspath von Rudelstadt in Schlesien, Kupferblende, Zn-reich (ca. 9%) von Freiberg.

2. Antimonfahlerz (dunkles Fahlerz, Schwarzerz). $4(Cu_2Ag_2FeZn)S, Sb_2S_3$; mit ca. 30—38 Cu, 1—4 Fe, 1—4 Zn, 20—29 Sb, 22—25 S und etwas As; häufig Ag-haltig (bis zu 32%) und dann wichtiges Silbererz (Silberfahlerz, dunkles Weissgültigerz, Freibergit. Licht stahlgrau bis eisengrau. Bräunsdorf, Neudorf, Clausthal, Wolfach). — Hierher auch das Quecksilberfahlerz (Schwatzit, Spaniolit), bis zu 17% Hg. Mit Soda sublimirt Hg. Auf Gängen. Kotterbach und Igló in Ungarn; früher bei Schwatz in Tirol, Moschellandsberg; durch Umwandlung kann sich Zinnober bilden. — Aphtonit ist derbes Silberfahlerz von Wermskog in Wermland.

3. Antimonarsenfahlerz. Isomorphe Mischung von 1 und 2 in den verschiedensten Verhältnissen, wobei auch etwas Co und Bi eintreten können. Ag gewöhnlich nur in geringer Menge. Neben 2 das gewöhnlichste Vorkommen. — Hierher gehört Sandbergerit mit 7 Zn, aber ohne Ag. Morococha in Peru.

Anhangsweise zu den Fahlerzen werden noch einige durch ihren Pb-Gehalt auffällige oder wegen ihrer derben Beschaffenheit noch zweifelhafte Mineralien gestellt:

Bleifahlerze: — Lichtes Weissgültigerz, derb, bleigrau, vorwiegend Pb-haltig bei fast völligem Mangel von Cu. — Polytelit, desgl. mit Ag, Zn und

Fe, Malinowskit mit grösserem Ag-Gehalt; Fredricit mit etwas Zn. — Ferner die fahlbandartig auftretenden Schweizer Mineralien Studerit und Annivit, von denen letzterer auch Bi als Vertreter von Sb enthält. Im Falkenhaynit von Joachimsthal ist ebenfalls Bi vorhanden, während im Rionit von Cremenz in der Schweiz ein Bi-haltiges Arsenfahlerz vorzuliegen scheint. — Fournetit und Clayit sind wahrscheinlich Gemenge von Fahlerz mit anderen Mineralien.

Jordanit. $Pb_4As_2S_7$ (= 4 SbS, As_2S_3). Monoklin. β = 90° 33′. In Folge von Zwillingsbau nach (110)∞P hexagonaler Habitus mit zahlreichen Pyramiden neben vorherrschender Basis. ⧣ (010)∞P$\breve{\infty}$ vollk. Dunkel bleigrau. Str. schwarz. Selten, zusammen mit dem sehr ähnlichen Binnit und Dufrénoysit, aber durch Strich unterschieden, im Dolomit des Binnenthals. Nagyág.

Meneghinit. $Pb_4Sb_2S_7$ (= 4 PbS, Sb_2S_3). Angeblich rhombisch, aber wahrscheinlich isomorph mit Jordanit. Längsgestreifte Nadeln, faserig und derb; dem Antimonglanz ähnlich. Starker Mgl., bleigrau. Im Smirgel zu Schwarzenberg in Sachsen; Goldkronach; Bottino in Toscana, Marble Lake in Ontario.

Stephanit. Sprödglaserz, Melanglanz, Schwarzgültig z. Th. Ag_5SbS_4 = 5 Ag_2S, Sb_2S_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}6291:1:0{,}6851$ (Haidinger). — ⨯⨯ mit hexagonalem Habitus, dick tafelig oder prismatisch, oft rosetten- oder treppenartig gruppirt; sehr formenreich. *o* = *(110)*∞*P* mit 115° 39′; *c* = *(001)oP*; *p* = *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$; *P* = *(111)P* mit 130° 16′ vorn und 140° 20′ Mittelk.; *i* = *(021)2P*$\breve{\infty}$; *a* = *(112)*½*P*; *n* = *(100)*∞*P*$\bar{\infty}$. Die Combinationen und Zw. erinnern an Kupferglanz. Zw. sehr häufig nach *(110)*∞P, gewöhnlich zu Drillingen verbunden wie am Aragonit oder sich vielfach wiederholend. — Derb, eingesprengt, als Anflug.

Deutliche ⧣ fehlt. Br. muschlig bis uneben; milde (dennoch Sprödglaserz oder Röschgewächs im Gegensatz zu dem geschmeidigen Silberglanz, dem Weichgewächs). H. = 2—2½, G. = 6,2—6,3. Mgl., bleigrau bis eisenschwarz; durch Anlaufen mattschwarz, selten bunt. Str. schwarz, glänzend.

68,5 Ag, 15,2 Sb, 16,3 Sb, etwas isomorphes As, Fe und Cu. — V. d. L. decrepitirend, Sb-Beschlag und dunkelgraue Kugel liefernd, welche mit Soda ein Silberkorn giebt. Von heisser verdünnter Salpetersäure unter Abscheidung von S und Sb_2O_3 gelöst.

Wichtiges Silbererz! Neben anderen Silbermineralien auf Silbererzgängen, z. B. Erzgebirge (Freiberg, Joachimsthal etc.); St. Andreasberg; Wolfach; Přibram; Schemnitz, Kremnitz, Comstocklode; Zacatecas. Peru etc.

Aehnliche Mineralien cfr. Kupferglanz.

Geokronit. $Pb_5Sb_2S_8$. Rhombisch. Wahrscheinlich isomorph mit Stephanit. ⨯⨯ sehr selten; meist derb; ⧣ prismatisch, Br. muschlig. Mild. H. = 2—3, G. = 6,43—6,54. Licht bleigrau, schwarz anlaufend. Sala; Meredo in Galicien (Spanien), Pietrosanto in Toscana. Damit wahrscheinlich identisch ist Kilbrickenit, dessen Formel zu $Pb_6Sb_2S_9$ (= 6 PbS, Sb_2S_3) angegeben worden ist. Derb, körnig blätterige bis dichte Massen. H. = 2—2½, G. = 6,4. Bleigrau. Kilbricken in Irland.

Beegerit. $Pb_6Bi_2S_9$. Regulär. XX sehr klein, (111)O, (100)∞O∞, prismatisch verlängert. Derb ⋕ (100)∞O∞ vollk.; G. = 7,273. Starker Mgl., dunkelbleigrau. Löst sich schnell in heisser Salzsäure. Baltic-lode, Park Co, Colorado.

Polybasit. Eugenglanz. Mildglanzerz. $(AgCu)_9SbS_6$ [= $9(Ag_2Cu_2)S, Sb_2S]_3$. Monoklin, holoedrisch, aber mit durchaus rhombischen Winkeln. β = 90° 0′. *a* : *b* : *c* = *1,7309* : *1* : *1,5796* (Penfield). — XX mit ausgeprägt hexagonalem Habitus; sechsseitige Tafeln nach *(001)oP*, die durch das Auftreten randlicher und sich wiederholender Flächen eine charakteristische Dreiecksstreifung erlangen. *(110)∞P* mit 119° 58′. — Derb und eingesprengt.

⋕ *(001)oP* unvollk., Br. uneben; mild. H. = 2—2½, G. = 6—6,25. Mgl., eisenschwarz, in dünner Schicht roth durchscheinend, Str. schwarz.

Chem. Zus. wechselnd, z. Th. durch isomorphe Beimischung eines Arsenpolybasits, der auch selbständig als Pearcit vorkommt. 64—72 Ag, 3—10 Cu, 16—17 S, 0,25—11 Sb und 0—7 As; auch etwas Fe. — V. d. L. decrepitirend und sehr leicht schmelzbar; giebt eine metallische Kugel, die mit Phosphorsalz auf Cu reagirt und mit Blei abgetrieben ein Silberkorn liefert.

Auf Silbererzgängen neben anderen Ag-Mineralien. Freiberg; St. Andreasberg; Přibram; Schemnitz; Comstock-lode in Nevada; Arizona, Mexico; Tres Puntos in Chile.

Aehnliche Mineralien cfr. Kupferglanz.

Polyargyrit. $Ag_{24}Sb_2S_{15}$ (= $12Ag_2S$, Sb_2S_3). Regulär. XX sehr klein und verzerrte Combinationen von (111)O, (100)∞O∞, (110)∞O. — ⋕ (100)∞O∞. Geschmeidig. H. = 2½, G. = 6,974. Dunkelbleigrau bis eisenschwarz. 78% Ag. Schmilzt leicht zur schwarzen Kugel, die ein Silberkorn liefert. Wolfach im Schwarzwald.

c) Sulfarseniate und Sulfantimoniate.

Die wenigen hierher gehörigen Mineralien leiten sich von der normalen Sulfarsen- bezw. Sulfantimonsäure AsS,3HS und SbS,3HS, entsprechend den Säureanhydriden As_2S_5 und Sb_2S_5, ab.

Enargitgruppe.

Enargit. Cu_3AsS_4 (= $3Cu_2S$, As_2S_5).

Rhombisch, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,8711* : *1* : *0,8248* (Dauber). — XX gewöhnlich nach der Verticalaxe gestreckt und parallel derselben grob gestreift. *(110)∞P* mit 97° 53′, *(001)oP*, *(100)∞P̄∞*, *(010)∞P̆∞*; dazu *(011)P̆∞* mit 100° 58′. Durchkreuzungszw. zuweilen nach *(320)∞P̄*$^3/_2$ nach Art des Alexandrits. — Gewöhnlich derb, in körnigen, strahligen bis späthigen, zuweilen an Zinkblende erinnernden Aggregaten, auch feinkörnig.

(110)∞P ausgezeichnet, ausserdem noch nach den 3 Pinakoiden weniger deutlich; spröde. H. = 3, G. = 4,36—4,47. Blendeartiger, nicht ganz vollkommener Mgl., stahlgrau bis eisenschwarz; Str. schwarz.

48,3 Cu, 19,1 As, 32,6 S mit etwas Fe und Zn statt Cu und etwas Sb statt As. — V. d. L. As-Geruch und auf Kohle mit Soda Kupferkorn; in Salpetersäure unter Abscheidung von S löslich.

Auf Gängen. In Europa selten, bei Parád in Ungarn, Brixlegg in Tirol. In Amerika (Colorado) stellenweise in Menge und ein wichtiges Kupfererz bildend, das sich vom Westen der Ver. Staaten über Mexico, Neu-Granada und Peru bis nach Chile verfolgen lässt; ebenso wird es auch noch in Argentinien wichtig. In Masse von Morococha in Peru, Cerro de Mejicana und Las Capillitas in Argentinien. An letzteren Orten auch schöne XX. Ausserdem bei Mancayan auf Luzon.

In den XX, wie in strahligen Partien Aehnlichkeit mit in Pyrolusit umgewandeltem Manganit, in späthigen Aggregaten mit dunkler Blende.

Luzonit, genau wie Enargit zusammengesetzt, aber physikalisch verschieden; die Substanz ist demnach dimorph. Krystallform unbekannt. Derb, feinkörnig, ohne Andeutung von #, röthlich stahlgrau; schwarzer Str. H. = 3½, G. = 4,42. Mancayan auf Luzon. Neben Enargit und Famatinit von der Sierra de Famatina in Argentinien.

Clarit, ebenfalls wie Enargit zusammengesetzt, soll aber monoklin sein, ist aber wohl damit identisch. In bleigrauen Nadeln büschelartig in Schwerspathtafeln der Grube Clara bei Schapbach eingewachsen. Vollkommen # nach einer Richtung. H. = 3½, G. = 4,46. Str. schwarz.

Famatinit. Cu_3SbS_4 (= $3Cu_2S$, Sb_2S_5), also das dem Enargit entsprechende Sulfantimoniat. Nach vom Rath isomorph mit Enargit, aber da er im Aussehen (röthlich stahlgraue Farbe und Mangel an # etc.) dem Luzonit völlig gleicht, so ist diese Isomorphie fraglich. G. = 4,57. Enthält isomorph beigemengtes As bis zu 9%. Sierra de Famatina.

Sulvanit. Cu_3VaS_4 (= $3Cu_2S$, Va_2S_5). Wahrscheinlich rhombisch und isomorph mit Enargit. Spaltet nach 3 Richtungen, spröd. H. = 3½, G. = 3,99—4,03. Mgl., hellbroncegelb, läuft rasch dunkel stahlgrau an. Str. schwarz. Primäres Vanadin-Mineral von der Burra-Burra-Kupfergrube in Südaustralien.

Epiboulangerit. $Pb_3Sb_2S_8$ (= $3PbS$, Sb_2S_5), also chemisch ein Blei-Famatinit; in nadelförmigen, dem Antimonit ähnlichen Aggregaten mit pinakoidaler #. Altenberg in Schlesien.

Epigenit. $(Cu_2)_4Fe_3S_7$, As_2S_5 (?). Rhombisch. XX klein, kurz, säulenförmig. (110)∞P (110° 50′). Br. körnig, H. = 3½. Stahlgrau, schwarz und blau anlaufend. Str. schwarz. Auf Baryt aufsitzend von der Grube Neuglück bei Wittichen.

d) Sulfostannate und Germanate.

Sulfosalze der Säureanhydride SnS_2 und GeS_2.

Zinnkies. Stannin. Cu_2FeSnS_4.

Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. — XX sehr selten (Potosí), klein, bilden zierliche Tetraeder, durchweg nur derb und eingesprengt in feinkörnigen bis dichten Aggregaten.

Br. uneben; spröd. H. = 4, G. = 4,3–4,5. Mgl., stahlgrau ins Speisgelbe. Str. schwarz.

29,6 Cu, 13 Fe, 27,6 Sn, 29,8 S, doch wird durch fein eingesprengten Kupferkies und andere Mineralien die Zusammensetzung des derben Erzes nicht unwesentlich abgeändert. — V. d. L. auf Kohle schwer schmelzend, weisser Sn-Beschlag; abgeröstet Metallkorn. Durch Salpetersäure unter Abscheidung von SnO_2 und S aufgelöst.

Selten, auf Zinnerzgängen. Zinnwald. Cornwall. Guanuni und Potosí in Bolivien.

Aehnlich: Fahlerzkrystalle und derber Arsenkies. — Plumbostannit wahrscheinlich nur ein Gemenge mit einem Bleispiessglanz, Moho in Peru; Cuprokassiterit ein oxydisch verwitterter Zinnkies.

Argyrodit, Plusinglanz. Ag_8GeS_6. Regulär, holoedrisch. XX sehr klein, zu warzigen Gruppen dicht vereint. (111)O oder (111)O mit (110)∞O. Derbe Aggregate von nieriger Form. Ohne #, spröd ins Milde. H. = 2½, G. = 6,26. Mgl., stahlgrau, auf frischem Br. ins Röthliche. 76,5 Ag, 6,5 Ge, 17 S. Schwarzes Sublimat in einseitiger Glasröhre; auf Kohle schmelzend und einen weissen, später gelben Beschlag liefernd. Auf Markasit der Grube Himmelsfürst bei Freiberg, ferner die im Habitus etwas abweichenden, eisenschwarzen Vorkommen von Guanuni und Potosí in Bolivien.

Canfieldit. $Ag_8(SnGe)S_6$, also ein Sn-haltiger Argyrodit mit 74 Ag, 7 Sn und 1,8 Ge; dem Argyrodit auch sonst gleichend. Regulär, holoedrisch. La Paz in Bolivien.

Anhangsweise reihen sich hier noch 2 Mineralien an, die Verbindungen von Sulfostannaten mit Sulfantimoniten darstellen:

Franckeit, Llicteria. $5PbS, 2SnS_2, Sb_2S_3$, etwas Ge-haltig, Krystallform (?), in kleinen Tafeln oder radialstrahligen bis blätterigen Kügelchen. Milde; schwärzlich bleigrau. Auf den Blei-Zinngängen von Chocaya und selten auf den Silbererzgängen von Aullagas in Bolivien.

Kylindrit. $6PbS, 6SnS_2, Sb_2S_3$. Krystallform (?), in charakteristischen cylindrischen, schalig aufgebauten Aggregaten von dunkelbleigrauer Farbe und starkem Mgl. Mina Santa Cruz in der Provinz Poopó in Bolivien.

III. Klasse. Oxyde.

Sauerstoffverbindungen.

In dieser Klasse sind alle diejenigen Mineralien aufgeführt, die ihrer chemischen Constitution nach Verbindungen

1. der Elemente mit Sauerstoff allein (einfache Oxyde), oder
2. Oxyde mit Hydroxylgruppen resp. Wasser (Hydroxyde)

darstellen.

Nach ihrer chemischen Rolle sind unter diesen Oxyden Oxysäuren und Oxybasen, häufiger noch deren Anhydride und auch einige, möglichenfalls als Oxysalze zu deutende Verbindungen begriffen.

1. Abtheilung. Einfache Oxyde.

(Anhydride von Oxysäuren und Basen.)

Eis. (Wasser.) H_2O.

Hexagonal, rhomboedrisch. — Sechsseitige Tafeln, Nadeln, Krystallskelete und Zwillingsbildungen. Als Schneeflocken und Reif meist sechs-, selten vierstrahlig; körnig als Gräupel, Hagel und Firn; in compacten Schichten und Krusten als Eis der Seen und Flüsse, sowie als Gletschereis; als Wasser bei Temperaturen über 0°. Homogen und in körnigen, faserigen und stengligen Aggregaten. Stalaktiten (Eiszapfen) und dendritisch als Eisblumen.

Keine ausgesprochene #. Spröde, durch Druck plastisch. Br. muschlig. H. = $1\frac{1}{2}$, G. = 0,9175. Glasgl. Farblos, in dicker Schicht bläulich oder grünlich. Homogene Eisplatten zeigen das Interferenzbild optisch einaxiger XX.

Vorkommen bekannt.

Arsenit-Valentinitgruppe.

Isodimorphe Sesquioxyde von As und Sb, wahrscheinlich auch von Bi.

	Arsenitreihe (regulär).	Valentinitreihe (rhombisch, bezw. monoklin).
As_2O_3	Arsenit	Claudetit
Sb_2O_3	Senarmontit.	Valentinit.

a) **Arsenitreihe.** Regulär, holoedrisch.

Arsenit. Arsenikblüthe. Arsenolith. As_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — Künstliche XX bilden Oktaeder; in der Natur nur als weisser, mehliger oder haarförmiger Ueberzug und Anflug auf verwitternden As-Erzen.

⋕ *(111)O.* H. = 1½, G. = 3,69–3,72. Farblos und weiss, matt oder seidenglänzeud; durchscheinend.

75,78 As; sublimirt bei 220°, ohne zu schmelzen, und geht dabei in amorphes weisses Arsenikglas über, das sich beim Liegen in ein porcellanartiges kryptokrystallines Aggregat umwandelt. — Auf Kohle v. d. L. As-Geruch; löslich in Salzsäure.

Verwitterungsproduct, namentlich des Arsenkieses und Speiskobalts. St. Andreasberg, Joachimsthal, Markirch etc.

Wird beim Rösten von As-Erzen als Nebenproduct (Hüttenrauch, Giftmehl) gewonnen.

Senarmontit. Sb_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — XX (Sansa) z. Th. schön oktaedrisch ausgebildet, wenn auch öfters mit gekrümmten Flächen. Derb, körnig, dicht.

⋕ *(111)O* unvollk.; Br. muschlig bis uneben; wenig spröd. H. = 2 bis 2½, G. = 5,22–5,30. Ausgezeichneter Diamant- und Fettgl. Farblos, weiss und grau; durchs. bis durchschein. Abnormes opt. Verhalten, künstlich sublimirte XX jedoch normal.

83,32 Sb. — V. d. L. Sb-Reaction, sublimirt vollständig; in Salzsäure löslich.

Sansa in Constantine (Algier); Pernek in Ungarn; Southam in Canada; Sardinien.

Aehnlich: Bleivitriol.

b) **Valentinitreihe.** Rhombisch, bezw. monoklin.

Valentinit. Antimonblüthe. Weissspiessglanz. Sb_2O_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}3914 : 1 : 0{,}3367$ (Laspeyres). — XX einzeln oder zu strahligen und fächerigen Büscheln vereinigt; entweder prismatisch nach der Längs-, seltener nach der Verticalaxe gestreckt oder tafelig nach *(010)*$\infty P\breve{\infty}$. Neben *(110)*∞P (137° 15′ im Mittel), *(054)*$\frac{5}{4}P\breve{\infty}$ (134° 22′) und *(010)*$\infty P\breve{\infty}$ noch mehrere Brachydomen, auch *(100)*$\infty P\bar{\infty}$, *(101)*$P\bar{\infty}$ etc. — Derb, in stengligen, faserigen, körnigen, zelligen Aggregaten; in Pseudomorphosen nach Antimon, Antimonglanz und Antimonblende.

⋕ *(010)*$\infty P\breve{\infty}$ sehr vollkommen, mild, zerbrechlich. H. = 2½–3, G. = 5,6. Diamantgl., auf Spaltflächen Perlmgl., weisslich, asch- und

gelblichgrau; ockergelb, gelblichbraun, zuweilen schwärzlichgrau, auch wohl licht roth; halbdurchs. bis durchschein.

83,32 Sb. — Schmilzt leicht und sublimirt vollständig. Sb-Reaction; in Salzsäure löslich.

Verwitterungsproduct antimonhaltiger Erze, namentlich des Antimonits. Wolfsberg im Harz, Horhausen, Bräunsdorf, Přibram. Pernek und Felsöbánya in Ungarn, Allemont, Sansa in Algier.

Aehnlich: Weissbleierz.

Claudetit. As_2O_3. Früher für rhombisch und isomorph mit Valentinit gehalten, dessen Winkel sich wiederfinden. Die XX sind jedoch monoklin und die beobachtete rhombische Symmetrie erklärt sich durch Zwillingsbildung. Daher bedarf auch das System des Valentinits noch der Revision. — Selten, in dünnen Blättchen auf Arsenkies der Santo Domingo-Kiesgrube in Portugal. — Vielleicht gehört auch der haarförmige Arsenit hierher; künstlich bei Hüttenprocessen und Grubenbränden.

Wismuthocker. Bismit. Bi_2O_3 mit 89,66 Bi. Sehr feine, wahrscheinlich rhombische Nädelchen, die feinerdige, zerreibliche, strohgelbe bis graue und grüne Anflüge und Ueberzüge auf Bismutit und Emplektit bilden; auch eingesprengt. In Salpetersäure löslich. Johann-Georgenstadt, Joachimsthal, Schneeberg, mehrorts in Bolivien.

Cervantit. Antimonocker z. Th. SbO_2 mit 79 Sb. Rhombisch (?). Sehr feine nadelige XX; derb und als Ueberzug. Gelb bis weiss. H. = 4—5, G. = 4,08. Unschmelzbar; in Kölbchen nicht flüchtig. Cervantes in Galicien; Pereta in Toscana. Borneo.

Tellurit. Tellurocker. TeO_2 mit 80 Te. Rhombisch. Sehr kleine prismat. XX, einzeln oder büschelig aggregirt, gewöhnlich aber in kugligen und halbkugligen Aggregaten von radialfaseriger Structur. # (001)oP vollk. Gelblich bis graulichweiss; auf der Spaltfläche Diamantgl., sonst wachsartiger Glasgl. — Sehr selten; mit ged. Tellur zu Facebay und Zalathna. Colorado.

Molybdänocker. Molybdit. MoO_3 mit 66,7 Mo. Künstliche XX rhombisch. Eingesprengt, als Anflug. Feinerdig, matt, undurchs. Citron- bis orangegelb. Neben Molybdänit zu Pfitsch, Lindås in Schweden, Nummedal in Norwegen.

Wolframocker. Tungstit. WO_3 mit 79,3 W. Künstliche XX rhombisch. Eingesprengt, als Anflug; erdig, grünlichgelb oder gelblichgrün. Cornwall. Huntington, Conn.

Quarzgruppe.

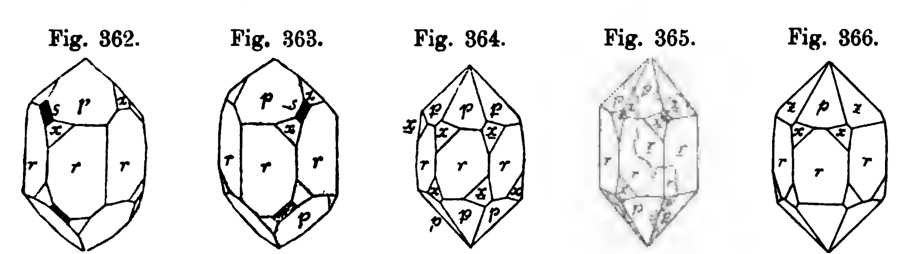
Umfasst die Mineralien, in denen die trimorphe Verbindung SiO_2 auftritt: Quarz hexagonal, Tridymit rhombisch und Christobalit tetragonal.

Quarz. SiO_2.

Hexagonal, trapezoedrisch-tetartoedrisch. $a:c = 1:1{,}0999$ (Kupffer). — Die auf- und eingewachsenen XX des gemeinen Quarzes zeigen holohexagonalen, entweder pyramidalen oder prismatischen Habitus durch gleichmässiges Auftreten der correlaten Rhomboeder $p = (10\bar{1}1)R$ und $z = (01\bar{1}1)-R$ in Combination mit dem hexag. Prisma $r = (10\bar{1}0)\infty R$; an den aufgewachsenen XX der als Bergkrystall, Rauchtopas und Amethyst bezeichneten Varietäten ist dagegen nicht selten durch ungleiche

Ausbildung der beiden Rhomboeder ein rhomboedrischer Habitus ausgeprägt oder es entsteht durch Ausbildung der Bipyramide II Art als trigon. Bipyramide (sogen. Rhombenflächen) und der dihexag. Bipyramide als trigon. Trapezoeder (sogen. Trapezflächen), weit seltener durch das trigon. Prisma II Art ein tetartoedrischer Habitus. Entsprechend ist der gemeine Quarz flächenarm, während der Bergkrystall wesentlich reicher an Formen sein kann, namentlich an solchen aus der Reihe der positiven steileren Rhomboeder und der Trapezoeder. Die gewöhnlichsten Formen sind $p = (10\bar{1}1)R$ mit 94° 15′ und stets glatt; $z = (01\bar{1}1) - R$, zuweilen matt durch natürliche Aetzung der Flächen, was zur Erkennung der Zw. beiträgt, Winkel $p \,\check{}\, z = 133° 44'$, sowie $r = (10\bar{1}0)\infty R$, ganz allgemein horizontal gestreift und dadurch die Orientirung an manchen stark verzerrten XX erleichternd; die gelegentliche Convergenz der verticalen Kanten wird

Fig. 362. Fig. 363. Fig. 364. Fig. 365. Fig. 366.



durch wiederholte Combination mit steileren Rhomboedern hervorgerufen. Winkel $p \,\check{}\, r = z \,\check{}\, r = 141° 47'$. Zu diesen typischen Formen treten nun eine Anzahl steilere, gewöhnlich horizontal gestreifte und matte Rhomboeder, wie $o = (30\bar{3}1)3R$, $t = (40\bar{4}1)4R$, $w = (07\bar{7}1) - 7R$, $l = (0.11.\overline{11}.1) - 11R$, während nur selten ein stumpferes Rhomboeder, wie $\alpha = (01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$ entwickelt ist. Charakteristische tetartoedrisch ausgebildete Formen sind die trigon. Bipyramiden II Art oder Rhombenfläche $s = (11\bar{2}1)2P2$ und $s' = (2\bar{1}\bar{1}1)2P2$, die beide in den Zonen $[p\,r]$ und $[z\,r]$ liegen und deren häufige Streifung s t e t s parallel der Combinationskante mit p verläuft; seltener ist das trigonale Prisma $i = (11\bar{2}0)\infty P2$ (Carrara). Von Trapezoedern (Trapezflächen) sind am häufigsten solche, die in der Zone $[r\,s\,z]$ unter $+R$ liegen, also selbst positiv sind, während Trapezoeder unter $-R$ weit seltener auftreten; dagegen erscheinen rechte und linke in gleicher Häufigkeit, am gewöhnlichsten sind $x = (51\bar{6}1)6P\frac{6}{5}$, $n = (31\bar{4}1)4P\frac{4}{3}$. Die Basis ist mit Sicherheit nicht beobachtet; wo sie vorkommt, scheint sie nur Abdruckfläche zu sein. — Da die Formen des Qu. enantiomorph sind, so hat man zwischen rechten oder linken Quarzkrystallen zu unterscheiden, was von der Orientirung der Trapezflächen abhängt. Die Trapezflächen unterhalb der Flächen des positiven Rhomboeders, also die positiven Trapezoeder erscheinen an rechten XX nur rechts (Fig. 363), an linken nur links (Fig. 362).

Für die Unterscheidung in rechte und linke Quarze hat man somit zunächst eine Fläche des positiven Rhomboeders *p* aufzusuchen. Dieselbe wird am sichersten an der Streifung der Rhombenfläche *s*, falls diese vorhanden ist, erkannt, da diese Streifung stets parallel der Combinationskante mit *p* verläuft; sonst kommt noch in Betracht, dass *p* manchmal glänzender ausgebildet ist als das negative Rhomboeder *z* und ferner, dass die vorhandenen Trapezflächen vorzugsweise unter *p*, weit seltener unter *z* auftreten. Im Falle holohexagonaler Ausbildung bedarf es zur Entscheidung der optischen Untersuchung oder der Aetzfiguren.

Zwillinge überaus häufig, bei den edlen Varietäten vorwiegend; aber da die wichtigsten Gesetze Ergänzungszw. liefern, bei denen die Individuen mit unregelmässiger Zwillingsnaht in und durch einander gewachsen sind und Rhomboeder- wie Prismenflächen zusammenfallen, so erscheinen solche Zw. auf den ersten Blick wie einfache XX, zu deren Erkennung als Zw. entweder die Ausbildung von $+R$ und $-R$ mit glänzenden, bezw. matten Flächen oder die Anordnung der Trapezflächen herangezogen werden muss oder gar optische und pyroelektrische resp. Aetzversuche nothwendig werden.

1. Dauphinéer Gesetz. — 2 Individuen gleichen Drehungssinnes, also 2 congruente Individuen durchdringen sich symmetrisch zu einer Fläche des Prismas I Art, derart dass die positiven Rhomboederflächen des einen mit den negativen des anderen und ebenso die Prismenflächen zusammenfallen. Dadurch wird die Symmetrie der trapezoedrischen Hemiedrie erworben. In Fig. 364 sind 2 linke, in Fig. 365 2 rechte Quarze mit einander verwachsen. Dieses Gesetz findet sich namentlich an den Bergkrystallen der Alpen und des Dauphiné.

2. Brasilianer Gesetz. — 2 Individuen verschiedener Drehung, also 2 enantiomorphe Individuen durchdringen sich nach einer Fläche des trigonalen Prismas $(11\bar{2}0)\infty P2$, wodurch die positiven Rhomboeder beider unter sich, wie auch die negativen Rhomboederflächen zusammenfallen und die Symmetrie der rhomboedrischen Hemiedrie wieder hergestellt wird (Fig. 366). Oft bauen sich derartige Zw. aus zahlreichen rechten und linken, parallel der $+R$-Fläche gelagerten Lamellen auf und erzeugen Fiederstreifung. Brasilianer Zw. sind charakteristisch für den Amethyst, der zum grossen Theil aus Brasilien stammt; sie finden sich auch an den Schillerquarzen vom Weisselberg bei St. Wendel etc.

3. Enantiomorphe Individuen verwachsen symmetrisch nach dem Prisma I Art und zugleich nach der Basis und erlangen dadurch die Symmetrie der trigonalen Hemiedrie.

4. Vorstehende 3 Gesetze finden sich vereint in den nicht seltenen Vierlingen, die aus 2 linken und 2 rechten Individuen aufgebaut durch ihre symmetrische Durchdringung die Symmetrie der hexagonalen Holoedrie aufweisen.

5. Ausser Ergänzungszw. kommen, wenn auch weit seltener, Zw.

mit geneigten Axen vor, und zwar nach *(11$\bar{2}$2)P2*, wobei die Verticalaxen unter 84° 33′ gegen einander geneigt sind.

Eine eigenthümliche Art der Verwachsung, die nichts mit Zwillingsbildung zu thun hat, zeigt sich öfters an manchen windschief verbogenen und gedrehten alpinen Rauchquarzen. Es handelt sich dabei im Grunde um die Parallelverwachsung einer Anzahl Individuen in der Richtung einer der Horizontalaxen, doch liegen die an einander stossenden XX nicht genau parallel, sondern ihre Verticalaxen sind stets im selben Sinn etwas geneigt und erzeugen dadurch die Drehung.

Die XX zeigen oft sehr ungleichmässige Flächenausdehnung und Verzerrung, wobei dann die horizontale Streifung der Prismenfläche zur Orientirung dient. Vielfach umschliessen sie auch andere Mineralien (Rutil, Chlorit, Epidot, Asbest, Eisenglanz etc.), ferner enthalten sie Flüssigkeits- und Gaseinschlüsse. Sie erscheinen in Gruppen und Drusen oder sind einzeln ein- und aufgewachsen. — Die Aggregate sind körnig, dicht, stenglig und faserig. Pseudomorphosen nach vielen Mineralien.

nach *(10$\bar{1}$1)R* nur selten ebenflächig und deutlich, zumeist undeutlich und nicht wahrnehmbar. Br. muschlig und splittrig; spröde. H. = 7, G. = 2,5—2,8 (Bergkrystall 2,65—2,66). Farblos und mannichfach gefärbt; durchs., trübe und undurchs. Glasgl., auf den Bruchflächen des gemeinen Qu. stark fettartig. D.-Br. positiv, schwach. Für Linie D ist $\omega = 1{,}54418$, $\varepsilon = 1{,}55328$. Circularpolarisirend (cfr. S. 196). Daher Platte senkrecht zur opt. Axe zwischen irgendwie gekreuzten Nicols niemals dunkel, sondern farbig oder bei geringer Dicke (unter 0,05 mm) grau erscheinend. Bei Rechtsquarzen ändert sich durch Rechtsdrehung des Analysators die Farbe in der Reihenfolge der Brechbarkeit, also von Roth über Gelb nach Violett; bei Linksquarzen durch Rechtsdrehung des Analysators die Farbe von Violett über Gelb nach Roth. In Folge von Zwillingsbau die Airy'sche Spirale und opt. Anomalien. — Polare Pyroelektricität in der Richtung der Horizontalaxen; durch Reiben positiv elektrisch.

46,73 Si, 53,27 O; durch Beimengungen verunreinigt und gefärbt; verwachsen mit Rutilnadeln, Asbest, Eisenglanzschuppen etc. Von Säuren nur durch Flusssäure angegriffen und gelöst; von Kalilauge wenig angegriffen.

Wird an intensiver und extensiver Verbreitung von keinem Mineral übertroffen. Tritt für sich gesteinsbildend in allen Formationen auf; erscheint als Gemengtheil von Eruptiv- und Sedimentärgesteinen und vorherrschend oder untergeordnet auf Mineral- und Erzgängen, sowie auf Mandelräumen massiger Gesteine. Ausserdem lose als Sand und Geröll. Vielfach in Pseudomorphosen nach den verschiedensten Mineralien und als Versteinerungsmedium. Ist seiner Genesis nach bald primär, bald secundär und entsteht sowohl aus dem Schmelzflusse wie aus wässeriger Lösung und als Sublimationsproduct.

Die Darstellung des Quarzes gelang auf künstlichem Wege. — Aehnlich können unter Umständen sein: Cordierit, Apatit, Nephelin, Phenakit, Spinell, Beryll, Topas, Korund und Diamant.

Nach morphologischen und structurellen Besonderheiten, ferner nach solchen der Farbe und des geologischen Vorkommens wird eine ganze Reihe, im Aeusseren oft sehr abweichender Varietäten unterschieden:

I. Phanerokrystalline Varietäten. Quarz im engern Sinn.

Wohl auskrystallisirte oder deutlich als krystalline Aggregate erkennbare Quarze. Von Kalilauge wenig angegriffen.

1. Bergkrystall. Klare, oft schön und vollkommen auskrystallisirte Quarze, gewöhnlich mit rhomboedrischer, häufig auch mit tetartoedrischer Ausbildung; zuweilen viele Centner schwer; auf Bruchflächen eher Glasgl. als Fettgl.; farblos und gefärbt als Rauchquarz oder Rauchtopas mit rauchbrauner Farbe, die beim Glühen verschwindet; als Morion, wenn braunschwarz bis pechschwarz, als Citrin, wenn gelb (vielfach durch Glühen aus Amethyst künstlich hergestellt). Verwendung als Halbedelstein und zu optischen Gegenständen. — Auf Klüften und Drusenräumen (Krystallkeller), namentlich in krystallinischen Schiefern und Graniten, eingewachsen in körnigen Kalken. Alpen: St. Gotthard, Pfitsch, in Tirol, Bourg d'Oisans im Dauphiné. Hirschberg und Järischau. Baveno, Elba. Ural, Ceylon, Madagaskar. Kleine wasserklare und rundum ausgebildete ⨯⨯ aus dem Marmor von Carrara, sowie aus dem Sandstein von Herkimer in New-York. Lose im Flusssand: Marmaroscher Diamanten, Rheinkiesel.

2. Amethyst. Derbstrahlig und stenglig, in Pyramiden auslaufend; auf den Verwachsungsflächen meist festungsartig gestreift; zu Drusen verbunden. Optisch charakterisirt durch lagenartigen Aufbau aus rechtem und linkem Quarz. In den reinen und zu Schmucksteinen verwendeten Vorkommnissen violett und durchsichtig, sonst auch wohl ungleich gefärbt, pflaumenblau, nelkenbraun, grünlichweiss. Vorkommen ausgezeichnet auf Mandelräumen (Achatmandeln), namentlich des Melaphyrs: Oberstein, Ilfeld, Kosakow in Böhmen; auf Gängen und Klüften in krystallinischen Schiefern und im Granit: Zillerthal (Scepterquarze), Mursinsk. Auf Erzgängen: Schemnitz, Guanajuato. Als Geschiebe: Spanien, Ceylon, Brasilien.

3. Gemeiner Quarz. Holohexagonaler Habitus der Combination $+R, -R, \infty R$, nur auf Zinnsteingängen mit Trapezflächen. ⨯⨯ ein- und aufgewachsen. Durchs., häufiger trübe; mit ausgesprochenem Fettgl. auf dem Br. Derb, eingesprengt und lose. Vork. sehr mannichfach. Als Gemengtheil von Eruptivgesteinen: Granit, Quarzporphyr (Stolberger Diamanten), Quarztrachyt; von krystallinischen Schiefern: Gneiss, Glimmerschiefer etc.; ferner als alleiniger oder vorherrschender Gemengtheil vieler Sedimentgesteine: Quarzit, Sandstein. Auf selbständigen Gängen und als wesentliches Gangmineral der meisten Erz- und Mineralgänge. Als Geschiebe in vielen Conglomeraten und lose, namentlich als Sand jüngerer Formationen, des Meeres, der Seen und der Flüsse. In Pseudomorphosen nach zahlreichen Mineralien, nach Flussspath, Kalkspath, Baryt etc.

Bei der Mannichfaltigkeit des Aussehens und des Vorkommens wird beim gemeinen Quarz noch weiter eine grosse Zahl Varietäten unterschieden, und zwar:

a) nach dem geologischen Vorkommen.

Eruptivquarz, Gemengtheil der Eruptivgesteine, nach Form, Färbung und Einschlüssen oft verschieden, je nachdem er in Tiefen- oder in Ergussgesteinen auf-

tritt. — Lagerquarz, derbe Aggregate von bald ausgezeichnet fettglänzendem, bald mehr glasigem Br.; bei kleinkörniger Structur auch matt. Weiss, grau, bläulich. In selbständigen Linsen und Lagern, oft mit Erzen (Gold, Kiese), imprägnirt in krystallinen und paläozoischen Schiefern. — Gangquarz, der Quarz der Erz- und Mineralgänge; derb oder auskrystallisirt, in seiner Beschaffenheit öfters verschieden, je nachdem er auf sulfidischen Erzgängen oder neben Zinnstein oder neben Carbonaten auftritt, meist stark ausgesprochener Fettgl.

b) nach der Structur.

Kappenquarz, Schlaggenwald. — Festungsquarz, Clausthal. — Babylonquarz, treppenartig aufgebaut. Beeralstone in Devonshire. Faserquarz, wenn feinfaserig, wohl nur Pseudomorphosen nach Gyps, Calcit. Hierher das Katzenauge, grünlichgrau, Quarz pseudomorph nach und z. Th. noch erfüllt mit Asbest. Ceylon, Treseburg, Fichtelgebirge, und das Tigerauge, braun bis blau, dünnplattige Schichten bildend, am Cap, ist Quarz pseudomorph nach Krokydolith. — Sternquarz, radial strahlig. Starkenbach in Böhmen. — Zellquarz, zellig, zerhackt, meist in Folge von Pseudomorphosenbildung oder partieller Auslaugung: St. Andreasberg etc.

c) nach der Farbe.

Eisenkiesel, durch Eisen gelb, roth oder braun, vielfach wohl auskrystallisirter Quarz. Roth von Oviedo in Asturien (Hyacinthen von Compostela), in Gyps eingewachsen; ockergelb aus Eisenerzgängen von Sundwig bei Iserlohn. Derb auf vielen Eisenerzlagern, Harz, Nassau. — Rosenquarz, licht rosaroth; derb, aus Granit von Zwiesel; Katharinenburg. — Sapphirquarz (Siderit), bläulich in manchen skandinavischen Graniten und anderswo; tiefblau in Adern des körnigen Gypses von Mooseck bei Golling in Salzburg. — Prasem, krystallisirt oder derb, lauchgrün, weil innig mit Strahlstein durchzogen. Breitenbrunn in Sachsen. — Milchquarz, rein weiss, derb, vielfach auf Erzgängen, als Bestandtheil von Conglomeraten und von tertiären Geröllen und Sanden. — Aventurin, bräunlich roth, flimmernd in Folge vieler eingelagerter Glimmerblättchen oder Haarrisse. Derb, als Lager im Glimmerschiefer von Miask, als Geschiebe von Mariazell in Steiermark, in Spanien und Aegypten.

II. Kryptokrystalline Varietäten. Quarzin.

Völlig dicht und homogen erscheinende Aggregate, die sich unter dem Mikroskop als aus feinsten Fasern zusammengesetzt und im polarisirten Licht anscheinend als optisch zweiaxig erweisen; daher auch für triklin und für ein vom Quarz verschiedenes Mineral angesehen. Auch der Brechungsindex $n = 1,537$ (roth) ist verschieden vom Quarz. Häufig durchtränkt mit Opalsubstanz, sodass bei manchen Varietäten eine scharfe Abgrenzung gegen Opal nicht möglich ist. Br. splittrig bis ausgezeichnet muschlig; auf demselben wachsartig schimmernd. Werden von Kalilauge weit leichter gelöst als der grobkrystalline Quarz. Man unterscheidet im Einzelnen:

1. Chalcedon, durchscheinende oder schön gefärbte Varietäten, die bei freier Ausbildung traubige oder glaskopfartige Oberfläche erlangen. Derb und in ausgezeichneten Pseudomorphosen nach Datolith (sogen. Haytorit von Haytor in Devonshire), nach Flussspath (schöne Würfel von Trestyan in Siebenbürgen). Hierher gehören der gelblich- bis blutrothe Carneol, besonders schön aus Arabien und Indien, Chrysopras (durch NiO apfelgrün gefärbt, in Serpentin von Kosemitz in

Schlesien), Sarder (braun, blutroth durchschein.), Mokkastein oder Moosachat (dendritenartige Einschlüsse von Mangan- oder Eisenhydroxyd enthaltend) und der lagenartig aufgebaute Achat, sehr dünne durchscheinende Lagen von verschieden gefärbtem und struirtem Quarz, die Innenwände von Melaphyr- etc.-Mandeln erfüllend. Sind die Lagen dicker und zum Cameenschnitt geeignet, so Onyx und Sardonyx. Die Enhydros aus Uruguay sind mit Wasser angefüllte Achatmandeln.

2. Jaspis, trüber und undurchsichtiger, intensiv gefärbter Chalcedon mit dichtem, muschligem Br.; in abgerollten Kugeln. Kandern in Baden, am Nil. Das meiste, was als Bandjaspis, Porcellan-, Basaltjaspis bezeichnet wird, gehört zu den Adinolen, gefritteten Thonen oder silificirten Quarzporphyrtuffen. Schön gefärbte Varietäten sind Plasma (lauchgrün) und Heliotrop (ein Plasma mit blutrothen Flecken). Weiter gehört hierher, was auf Grund des geologischen Vorkommens oder besonderer Entstehung bezeichnet wird, als: Hornstein, undurchs., unrein gefärbt, hornartig schimmernder Br.; in Nieren und Knollen innerhalb Kalksteinen, auf Erzgängen; häufig aus der Verkieselung von Quarzporphyren, Trachyten und deren Tuffen hervorgegangen, in Pseudomorphosen und besonders als Versteinerungsmittel von Hölzern. Ferner Kieselschiefer, dicht, gesteinsbildend in paläozoischen Formationen auftretend; gewöhnlich durch intensive Imprägnation mit Kohle schwarz gefärbt, sogen. Lydit oder Probirstein. Desgl. Feuerstein, Flint. Knollige oder plattige Concretionen, namentlich in der Schreibkreide; schwarz, roth, gelb; innig mit Opal gemengt, durch deren Wasserverlust die weisse Verwitterungsrinde entsteht.

Tridymit. SiO_2.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5774 : 1 : 0{,}9544$. — Nur in unscheinbaren kleinen tafeligen [illegible]; dieselben besitzen ausgeprägt pseudohexagonalen Habitus und wurden bei ihrem ersten Auffinden 1868 als hexagonale Combinationen $(0001)oP$, $(10\bar{1}0)\infty P$, $(11\bar{2}0)\infty P2$ und $(10\bar{1}1)P$ gedeutet. Durchweg treten diese Täfelchen zu Zw., namentlich aber zu charakteristischen cyclischen Drillingen zusammen, wobei $(10\bar{1}6)\frac{1}{6}P$, zuzuweilen $(30\bar{3}4)\frac{3}{4}P$ als Zwillingsfläche erscheint. Durch weitere Wiederholung der Zwillingsverwachsung bilden sich auch wohl kuglige Gruppen heraus. Spätere optische Untersuchungen (1878) haben aber die scheinbar einfachen Tafeln selbst schon als Drillingsstöcke rhombischer Individuen erkennen lassen, welche durch cyclische Verwachsung nach Art der Aragonitzwillinge den mimetisch hexagonalen Habitus erlangten. Bei Erwärmung der Tafeln auf über 130° werden die Tafeln nun thatsächlich einheitlich und optisch einaxig, zerfallen beim Abkühlen aber wieder in rhombische Subindividuen. — Finden sich gern als dachziegelartig gruppirte winzige Schuppen auf den Poren und kleinen Drusenräumen trachytischer und sonstiger Ergussgesteine.

Schalige, an # erinnernde Ablösung nach $(0001)oP$. H. $= 6\frac{1}{2}$–7, G. $= 2{,}282$–$2{,}336$. Glasgl., auf oP Perlmuttergl. Farblos oder weiss, gelblich, grau; durchs. bis durchschein.

SiO_2 mit geringen Verunreinigungen. — Löst sich in heisser gesättigter Sodalösung. Bildet das Kieselskelet der Phosphorsalzperle.

Zuerst aus Klüften des Trachyts vom Berge San Christobal bei Pachuca in Mexico beobachtet, dann mehrorts auf Drusenräumen und Poren von jüngeren Eruptivgesteinen, namentlich Trachyten und Andesiten aufgefunden, jedoch immer in geringer Menge und vielfach erst mikroskopisch sichtbar. Drachenfels und Perlenhardt im Siebengebirge, Mont Dore, Euganeen, Guttiner und Aranyer Berg in Ungarn etc. Seltener in älteren Ergussgesteinen wie im Porphyrit von Waldböckelheim. Ferner gelegentlich im Contactring von in Basalt eingeschlossenen Sandsteinbruchstücken, sowie in mikroskopischen Kryställchen, welche beim Auflösen mancher Kascholonge zurückbleiben. Künstlich als Kieselskelet der Phosphorsalzperle.

Der meteorische Asmanit von Breitenbach in Böhmen ist mit Tridymit identisch, erscheint aber nur in einfachen rhombischen XX.

Christobalit, die dritte Modification von SiO_2, bildet anscheinend reguläre Oktaeder bezw. spinellartige Zw., die sich optisch aber als tetragonale Drillinge ausweisen. Bei 175° und darüber werden die XX optisch isotrop, bei Abkühlung wieder doppelbrechend. Vom Berge San Christobal bei Pachuca, wo die weissen matten XX bis 2 mm Grösse erreichen.

Zirkongruppe.

Ausgezeichnet isomorph, tetragonal, holoedrisch. Mit dem Zirkon, dessen Zusammensetzung $SiO_2 + ZrO_2$ bezw. $SiZrO_4$ ist, sind durch vollkommene Isomorphie verknüpft die Dioxyde von Ti, Sn, Pb und Mn, deren Formeln demnach als $TiTiO_4$, $SnSnO_4$, $PbPbO_4$ und $MnMnO_4$ zu schreiben sind. Damit steht in Uebereinstimmung, dass auch heteromorphe Modificationen der Dioxyde vorkommen; so ist das Dioxyd des Titans trimorph, als Rutil tetragonal, als Anatas ebenfalls tetragonal, aber mit anderem Axenverhältniss, als Brookit rhombisch; ferner ist ZrO_2 als Baddeleyit monoklin.

$SiO_2 + ZrO_2$	Zirkon. $SiZrO_4$	Baddeleyit. ZrO_2, monoklin
$SiO_2 + ThO_2$	Thorit. $SiThO_4$	—
TiO_2	Rutil. $TiTiO_4$	Anatas, tetragonal, Brookit, rhombisch.
SnO_2	Zinnstein. $SnSnO_4$	—
PbO_2	Plattnerit. $PbPbO_4$	—
MnO_2	Polianit. $MnMnO_4$	—

Zirkon. $ZrSiO_4$.

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}6403$ (Kupffer). — Durchweg in ringsum ausgebildeten eingewachsenen XX, selten aufgewachsen; mit prismatischem oder pyramidalem Habitus. Herrschende Formen sind $p = (111)P$ mit 84° 20′ Mittelk., $l = (110)\infty P$ und $s = (100)\infty P\infty$; an manchen Vorkommnissen (Norwegen, Olahpian) charakteristisch das sog. Zirkonoeder $x = (311)3P3$; bei Miask häufig spitzere Bipyramiden $v = (221)2P$, $r = (331)3P$. Die Basis ist sehr selten. Zw. nach $(101)P\infty$ im Gegensatz zum Rutil auffälligerweise selten; bei Renfrew

Fig. 367.

finden sich jedoch grosse knieförmige Zw. — Sonst noch in abgerundeten, eckigen Körnern; niemals derb.

(111)P und *(110)∞P* sehr unvollk. Br. muschlig bis uneben; H. = 7½, G. = 4,4—4,7. Lebhafter Glasgl., auf Bruchflächen Fettgl. Ohne Charakterfarbe, gewöhnlich aber braun und braunroth; seltener gelb, grünlich, grau, farblos. Durchs., durchscheinend und undurchs. Die durchsichtigen gelblichrothen Z. geben die als Edelstein geschätzten Hyacinthen. — Doppelbrechung positiv, kräftig; für rothes Licht $\omega = 1,92$, $\epsilon = 1,97$.

$ZrO_2 + SiO_2$ mit 67,12 ZrO_2 und 32,88 SiO_2 und etwas Fe_2O_3 als Pigment. — V. d. L. unschmelzbar; nur nach längerer Behandlung mit heisser Schwefelsäure zersetzbar, nicht durch Flusssäure.

Eingewachsen als mikroskopischer Gemengtheil weit verbreitet in Eruptivgesteinen wie Granit, Quarzporphyr, Trachyt etc., in krystallinischen Schiefern und auch in klastischen Gesteinen wie Sandstein. Makroskopisch sichtbar in eingewachsenen XX namentlich als Gemengtheil des Zirkonsyenits von der Südostküste Norwegens und von Miask im Ilmengebirge, gelegentlich auch im Granit, Haddam in Connecticut, in Basalten des Siebengebirges und von Unkel am Rhein, in basaltischen Tuffen der Auvergne, im Amphibolit von Renfrew in Canada, in körnigen Kalken des Urgebirgs von Hammond in New-York. — Aufgewachsen auf Klüften des Chloritschiefers von Pfitsch, hier z. Th. wasserhell; mit Sodalith in Laachersee-Auswürflingen. — Lose als Geröll auf Edelsteinseifen neben Spinell und Korund, besonders auf Ceylon; im Goldsande von Beresowsk und Ohlapian in Siebenbürgen; neben Pyrop zu Meronitz in Böhmen und Sebnitz in Sachsen; in manchen Flusssanden und am Strande der tyrrhenischen Küste.

Von ähnlichen Edelsteinen, namentlich im abgerollten oder geschliffenen Zustand, durch das hohe spec. Gew. unterschieden; an Vesuvian ist gewöhnlich die Basis vorhanden, Zinnstein ist schwerer.

Ostranit, ein in Verwitterung begriffener Zirkon von Brevig. — Malakon, ein verwitterter und daher wasserhaltiger und weniger harter (H. = 6) Zirkon von Hitteroe, Miask, Plauenscher Grund, Chanteloube. — Das Gleiche gilt vom Cyrtolith (Anderbergit) von Rockport, Mass., und Ytterby, sowie vom Tachiaphaltit von Krageroe. — Auerbachit, wahrscheinlich ebenfalls nur verwittert, soll die Formel $2ZrO_2 + 3SiO_2$ haben. Mariapol im Gouv. Jekatherinoslaw. — Oerstedtit scheint ein Titan-Zirkon zu sein, der wasserhaltig, also auch wohl verwittert ist. Arendal.

Baddeleyit. Brazilit. ZrO_2. Monoklin, holoedrisch. In 5 mm grossen, nach (100)∞P$\bar{\infty}$ tafeligen XX und Zw. Farblos, gelb, braun, schwarz. H. = 6½, G. = 5,5—5,6. Jacupiranga in Brasilien. Edelsteinseifen von Rakwana auf Ceylon.

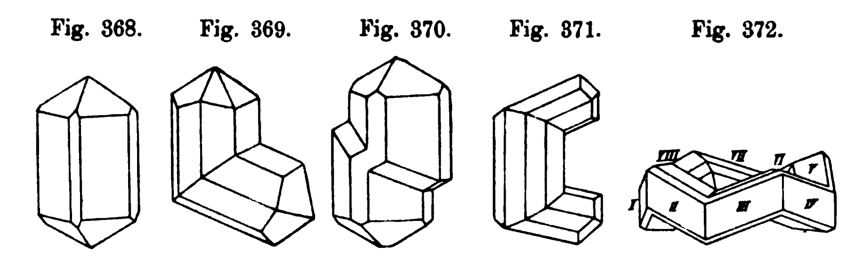
Thorit. Orangit. $ThSiO_4$, tetragonal holoedrisch. a : c = 1 : 0,6402. — XX sehr ähnlich im Habitus mit dem Zirkon; meist derb und eingesprengt mit muschligem Br. Man unterscheidet den dunkelbraunen bis schwarzen Thorit,

glasglänzend und undurchsichtig von dem orangefarbenen **Orangit**, fettglänzend, durchs. bis durchschein. und z. Th. spaltbar. Thorit und Orangit entsprechen niemals der theoretischen Formel mit 81,5 ThO_2 und 18,5 SiO_2, sondern sind angewittert und wasserhaltig; anscheinend ist der Thorit ein vorgeschritteneres und bereits amorphes Verwitterungsstadium als der Orangit. Auf Pegmatitgängen bei Brevig in Norwegen. Zeitweilig technisch wichtig als Thormineral für das Auerlicht; cfr. Monazit. — Andere und ebenfalls amorphe Umwandlungsproducte der ursprünglichen Thoritsubstanz und vom selben Vorkommen sind **Auerlith** mit Gehalt an Phosphorsäure, **Uranothorit** mit UO_2 an Stelle eines Theils ThO_2, **Calciothorit** mit CaO, **Eukrasit** mit Oxyden des Ce, La, Y, Fe und Ca, endlich **Freyalith**.

Rutil. TiO_2 bezw. $TiTiO_2$.

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0,6440$ (Schrauf). — XX meist prismatisch gestreckt, aber auch dicksäulig, in manchen Vorkommnissen langstrahlig oder in der Grösse zu den feinsten Nadeln herabsinkend.

Fig. 368. Fig. 369. Fig. 370. Fig. 371. Fig. 372.



Gewöhnliche Combination mit ausgeprägt tetragonalem Habitus aus *(110)*∞P, *(111)*P mit 84° 40′ an der Mittelk. und *(100)*$\infty P\infty$ bestehend oder durch das Auftreten verschiedener ditetragonaler Prismen wie *(210)*$\infty P2$, *(310)*$\infty P3$, *(320)*$\infty P^3/_2$ vertical gestreifte, gerundete und verzerrte Formen liefernd. Alpine XX zeigen öfters einen scheinbar parallelfaserigen Aufbau. — Zw. gemein, nach 2 Gesetzen; am häufigsten nach *(101)*$P\infty$, wobei sich die Individuen unter 114° 25′ kreuzen mit unterschiedlichem Habitus: 1. einfache knieförmige Zw. (Fig. 369); 2. polysynthetische Drillinge und Viellinge, öfters wie einfache XX mit eingeschalteten Zwillingslamellen erscheinend (Fig. 370); 3. cyclische Drillinge, deren Verticalaxen in einer Ebene liegen (Fig. 371). Sechslinge dieser Art bilden einen geschlossenen Ring. 4. Cyclische Viellinge, bei denen durch wechselndes Vorzeichen der Zwillingsfläche die Verticalaxen der Individuen nicht mehr in einer Ebene liegen; zu Graves' Mt. in Georgia und Magnet Cove in Arkansas treten in dieser Art 8 Individuen zu einem geschlossenen Ring zusammen (Fig. 372). Weit seltener sind Zw. nach dem 2. Gesetz *(301)*$3P\infty$ mit herzförmigem Habitus, wobei die Verticalaxen sich unter 54° 44′ schneiden, doch finden sich öfters Zwillingsstöcke, an denen beide Gesetze zu gleicher Zeit auftreten, so an den als **Sagenit** bezeichneten, sich gitterförmig unter

65° 35′ und 54° 44′ durchkreuzenden Strahlen und feinen Nadeln. Interessant sind die regelmässigen Verwachsungen von Eisenglanztafeln mit Rutilkrystallen von Cavradi im Tavetsch. — Derb und eingesprengt, in Körnern, Geröllen und in zartesten Nädelchen; in Paramorphosen nach Anatas und Brookit; geht selbst zuweilen in Titanit über.

(110)∞P vollk., *(101)P∞* weniger vollk. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 6—6½, G. = 4,2—4,3. Metallartiger Diamantgl., auf dem muschligen Br. fettiger Gl., öfters innere Reflexe; durchschein- bis undurchs.; in verschiedenen Nüancen blutroth, braunroth, fuchsroth, selten gelblich und gelbbraun; eisenschwarz in der Nigrin benannten Varietät. Str. gelblichbraun. Starke positive D.-Br.

61,15 Ti und 38,85 O, aber gewöhnlich eisenhaltig; im Nigrin (Ilmenorutil) steigt der Gehalt an Fe_2O_3 auf 11—14%. — V. d. L. unschmelzbar, mit Phosphorsalz oder Borax Ti-Reaction; von Säuren nicht angegriffen.

Das häufigste der drei Titandioxyde. Eingesprengt und auf Klüften vieler krystallinischer Schiefer gern neben Bergkrystall, so in der Urgebirgsumrahmung Böhmens, in den Alpen, im französischen Centralplateau etc. Bemerkenswerthe Fundorte sind u. a. Pfitsch in Tirol, Binnenthal, Limoges. Auf den Apatitgängen der Gegend von Kragerö (Oedegard), öfters in langen Nadeln eingewachsen in Bergkrystall und Quarz (Modriach in Steiermark); in mikroskopisch feinen Nädelchen constant in Phylliten und Thonschiefern. Selten in körnigen Kalken, Dolomiten und Graniten. In grossen XX in einem Gemenge von Disthen und Pyrophyllit von Magnet Cove in Arkansas. Lose als Geröll in Sanden und Seifen, so als Nigrin neben Gold bei Ohlapian in Siebenbürgen, am Strande des Ilmensees (sogen. Ilmenrutil).

Aehnliche Mineralien: wenn roth Rothzinkerz, wenn schwarz Titaneisen, auch wohl Wolframit. — Edisonit aus den Goldsanden von Nord-Carolina, irrthümlich für rhombisch gehalten, ist Rutil. — Verwendung zur Porzellanmalerei, zur Darstellung einer gelben Farbe.

Anatas. TiO_2.

Tetragonal, holoedrisch. *a : c = 1 : 1,7844* (Schrauf). — Nur in XX bekannt, klein; gewöhnlich spitz pyramidal durch Vorwalten von *(111)P* mit 137° 40′ an der Mittelk. oder dicktafelig nach *(001)0P* entwickelt; die gelben und braunen, fälschlich Wiserin genannten Anatase zeigen auch prismatischen und stumpf pyramidalen Habitus. Gewöhnliche Formen *P = (111)P* und *o = (001)oP*, daneben eine Reihe von stumpferen Bipyramiden I Art wie *v = (117)* 1/7 *P*, *t = (113)* 1/3 *P*, *r = (115)* 1/5 *P* etc., durch die auch die häufige horizontale Combinationsstreifung auf den Flächen von *(111)P* erzeugt wird; ferner *m (100)∞P∞*, *p = (101)P∞*,

$q = (20\bar{1})2P\infty$. — In Pseudomorphosen nach Titanit und Titaneisen, paramorph umgewandelt in Rutil.

$(111)P$ und $(001)oP$ vollk., spröd. H. = $5\frac{1}{2}$—6, G. = 3,83—3,93, durch Glühen in das G. des Rutils übergehend. Metallartiger bis fettiger Diamantgl.; durchscheinend bis halbdurchs. Indigoblau bis schwarz, aber auch honiggelb, braun, hyacinthroth, selten farblos. Str. weisslich. D.-Br. negativ.

Chem. Zus. und Löthrohrverhalten wie Rutil, enthält wie dieser etwas Fe_2O_3.

Auf Klüften von Silicatgesteinen, einzeln aufgewachsen. Tavetsch, St. Gotthard, Binnenthal; Hof im Fichtelgebirge, Bourg d'Oisans. — Als mikroskopischer Gemengtheil in manchen verwitterten Porphyren und Massengesteinen, auch in Sandsteinen. Lose in Goldsanden von Nord-Carolina und am Ural; die sogen. Captivos, charakteristische Begleiter der Diamanten auf brasilianischen Seifen, sind Paramorphosen von Rutil nach Anatas.

Brookit. TiO_2.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0,8416:1:0,9444$ (Kokscharow). — XX einzeln aufgewachsen oder lose. $a = (100)\infty P\bar{\infty}$, gewöhnlich vertical gestreift, $p = (110)\infty P$ mit 99° 50′, $c = (001)oP$, $e = (122)P\breve{2}$, $t = (021)2P\breve{\infty}$, $x = (102)\frac{1}{2}P\bar{\infty}$. Habitus meist tafelig nach a (Fig. 373), seltener prismatisch nach p oder wie beim sogen. Arkansit in scheinbaren hexagonalen Bipyramiden nach e und p (Fig. 374). Vereinzelt Pseudomorphosen nach Titanit, häufiger paramorph in Rutil umgewandelt.

Fig. 373.

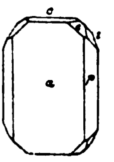
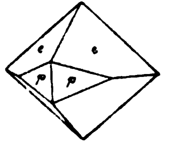


Fig. 374.



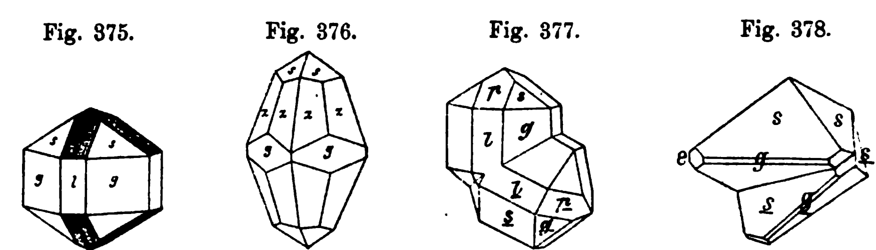
$(010)\infty P\breve{\infty}$ undeutl.; spröd. H. = $5\frac{1}{2}$ bis 6, G. = 3,8—4,1, durch Glühen in das G. des Rutils übergehend. Metallartiger Diamantgl., durchschein. bis undurchs. Farben wie beim Rutil rothbraun, haarbraun, röthlichschwarz und als Arkansit eisenschwarz. Str. gelblichweiss bis braun. A.-E. für Na-Licht in $(001)oP$, für grün und blau in $(010)\infty P\breve{\infty}$ liegend.

Chem. Zus. und Löthrohrverhalten wie Rutil und Anatas, etwas Fe_2O_3-haltig.

Vorkommen gleich dem Anatas und zuweilen mit ihm verwachsen gern auf Klüften von Silicatgesteinen: Tremaddoc in Wales, Bourg d'Oisans, St. Gotthard, Miask. Zu Magnet Cove in Arkansas in metallglänzenden eisenschwarzen XX vom Habitus der Fig. 374, Arkansit genannt. Sonst auch eingewachsen als mikroskopischer Gemengtheil von zersetzten Silicatgesteinen, in Trachyttuffen am Aetna.

Zinnstein. Zinnerz. Kassiterit. SnO_2.

Tetragonal, holoedrisch. $a:c = 1:0,6723$ (BECKE). — ✕✕ aufgewachsen, gewöhnlich kurz- und dicksäulig (gedrungen) ausgebildet und meist zu Zw. verbunden (sächs. Typus). $s = (111)P$ mit 87° 7′ an der Mittelk., $p = (101)P\infty$ oft mit grober, zur bequemen Orientirung geeigneter Riefung parallel der Combinationsk. mit s (Fig. 375), $g = (110)\infty P$, $l = (100)\infty P\infty$; seltener $r = (230)\infty P^3/_2$ und $(120)\infty P2$; sehr selten die Basis. Der hiervon abweichende, durch spiessige, einfache ✕✕ ausgezeichnete cornische Habitus, das sogen. Nadelzinn (Fig. 376), wird wesentlich bedingt neben $(110)\infty P$ durch das Auftreten von $z = (321)3P^3/_2$ und spitzere Bipyramiden, wie $(551)5P$ und $(552)^5/_2P$; das Nadelzinn findet sich nur spärlich, ausser in Cornwall z. B. auch bei Pittkäranda in Finland, wo neben den gewöhnlichen Flächen noch $(230)\infty P^3/_2$, $(001)oP$ und $(114)^1/_4P$ auftreten, gelegentlich auch in Sachsen, in der Bretagne, in Bolivien. Zw. nach $p = (101)P\infty$ sehr gemein; knieförmig als sogen. Visirgraupen der erzgebirgischen Bergleute (Fig. 377 u. 378) mit 112° 10′ zwischen den


Fig. 375. Fig. 376. Fig. 377. Fig. 378.

beiden Verticalaxen; nach demselben Gesetz auch polysynthetische und cyclische (bouquetartige) Wiederholungen wie beim Rutil, wenn auch weniger häufig und weniger vollkommen ausgebildet. — Derb und eingesprengt, in körnigen bis ganz dichten Aggregaten; selten feinfaserig, auch dicht mit concentrisch schaligem Aufbau (Holzzinn). Sehr häufig lose in abgerollten und eckigen Körnern und als Sand (Seifenzinn); in Pseudomorphosen nach Orthoklas (St. Agnes in Cornwall).

$(100)\infty P\infty$ und $(110)\infty P$ unvollk., spröd. H. = 6—7, G. = 6,8—7. Auf den Krystallflächen Diamantgl., auf dem muschligen Br. ausgezeichneter Fettgl. Durchscheinend bis undurchs.; keine Charakterfarbe, am häufigsten kolophoniumbraun und schwärzlich, seltener in trüben unreinen Farben gelb, grünlich, grau, hyacinthroth, ganz ausnahmsweise auch farblos. Str. ledergelb bis weiss. D.-Br. positiv.

Formel wegen der Isomorphie mit Zirkon als $SnSnO_4$ zu deuten. 78,62 Sn, 21,38 O, aber gewöhnlich noch mit Beimischungen von Fe, Mn und SiO_2; auch Ta ist beobachtet. — V. d. L. unschmelzbar, sehr schwer Zinnbeschlag erhaltbar; mit Soda auf Kohle Sn-Flitterchen. Chemisch so gut wie unangreifbar, nur in schmelzenden Alkalien löslich.

Wichtigstes, fast alleiniges Zinnerz (cfr. Zinnkies, Franckeit, Kylindrit). Bemerkenswerth die mineralogisch-geologische Gleichartigkeit des Auftretens über die ganze Erde. Mit Ausnahme des bolivianischen Vorkommens (s. unten) findet sich Zinnstein geknüpft an saure Eruptivgesteine, vor allem an Granit, seltener an Quarzporphyr und vereinzelt an Quarztrachyt in Form von Einsprengungen und Primärtrümmern (Zinnstockwerke), namentlich aber auf Gängen, die in den Eruptivgesteinen selbst aufsetzen oder doch mit ihnen in räumlicher Verbindung stehen. Als charakteristische Begleiter treten regelmässig neben Quarz bor- und fluorhaltige Mineralien auf, wie Turmalin, Flussspath, Apatit, Topas, Lithionglimmer, sonst noch Wolfram, Scheelit, Molybdänglanz, Arsenkies. Dahin, abgesehen von den Seifen, alle irgendwie technisch wichtigen Vorkommen. Kamm des sächsisch-böhmischen Erzgebirges (Altenberg, Marienberg, Geyer, Zinnwald; Schlaggenwald, Graupen, Joachimsthal); in Cornwall und westl. Devonshire, hier mit sulfidischen und oxydischen Kupfererzen. Aehnlich in der Bretagne und Galicien (Zamora). In Skandinavien und den Ver. Staaten (Black-hills Tindistrict in South-Dakota) selten; sehr reichlich in Malacca, den hinterindischen Inseln Banka und Bilitong, auf Tasmanien (Mt. Bischof), Neu-Südwales. — Abweichend ist das Vorkommen auf der Ostabdachung der bolivianischen Hochfläche (District von Oruro, Potosí etc.), wo Zinnstein mit Quarztrachyten und Daciten verknüpft auf sulfidischen Silber-, Blei- und Wismuthgängen ohne bor- und fluorhaltige Mineralien einbricht. Merkwürdig das unbedeutende Vorkommen von Zinnstein auf einem Brauneisensteingang in einem jurassischen Kalkstein von Massa marittima in Toscana. —

Bergmännisch wichtig ist die Unterscheidung in Bergzinn, das fest verwachsene Vorkommen auf Gängen und Stockwerken, und in Seifenzinn, lose Gerölle und Körner von Zinnerz in den sandigen Alluvionen der Thäler und Flüsse. Die Unverwitterbarkeit und Härte befähigt den Zinnstein ganz besonders zum Auftreten in Seifenlagerstätten, und so liefern gegenwärtig die reichen Seifen Hinterindiens und der Inseln Banka und Bilitong, sowie Tasmanien die Hauptproduction.

Aehnliche Mineralien: Brauner Vesuvian, Zirkon, Turmalin, Granat, Blende, Wolfram u. a. Derbe Massen können dem Eisenpecherz zum Verwechseln ähnlich werden. Durch seine physikalischen Eigenschaften und durch das Löthrohr ist Zinnstein immer leicht zu erkennen.

Stannit aus Cornwall ist ein mit SiO_2 gemengter derber Zinnstein, Ainalit von Pennikoja in Somero, Finland soll ein tantalhaltiges Zinnerz sein.

Plattnerit. Schwerbleierz. PbO_2. Tetragonal, holoedr. a : c = 1 : 0,6764. — XX sehr selten, derb in warzigen Aggregaten. Br. uneben. H. = 5—5½, G. = 8,5 bis 9,4. Eisenschwarz, Strich braun, metallartiger Diamantglanz, undurchsichtig. 86,6 Pb. — V. d. L. leicht schmelzend und Bleikorn gebend. Leadhills in Schottland; Idaho.

Polianit. Graumangan. MnO_2.

Tetragonal, holoedrisch. *a* : *c* = *1* : *0,6647* (DANA und PENFIELD). — XX selten, niedrig prismatisch, mit rhombischem Habitus und früher für rhombisch gehalten, aufgewachsen. Gewöhnliche Comb. (*110*)∞*P*, (*111*)*P* mit 123° 4′ an der Polk., (*120*)∞*P2* und (*101*)*P*∞. Die Verticalprismen sind vertical feingestreift. — Derb, in körnigen, strahligen und dichten Aggregaten, Stalaktiten, Knollen, traubig und dendritisch, mulmig und russartig, in häufigen Pseudomorphosen nach anderen Manganmineralien und nach Kalkspath.

(*110*)∞*P* vollk. Br. uneben, in Aggregaten muschlig und erdig. H. = 6—6½, häufig durch Auflockerung viel weniger hart. G. = 4,85 bis 5,0, durch Beimengung auch geringer. Mgl., licht stahlgrau und rein grau mit grauschwarzem Str., in Aggregaten auch ohne Mgl., matt bis schimmernd, grau bis bläulichschwarz; undurchs.

Formel als $MnMnO_4$ zu deuten mit 63,19 Mn und 36,81 O, von welcher Zusammensetzung die Aggregate durch beträchtliche Beimengungen an allen möglichen Substanzen MnO, BaO, K_2O, CuO, CoO, SiO_2, Al_2O_3, H_2O etc. sehr wesentlich abweichen können. — V. d. L. unschmelzbar oder in Folge von Beimengungen sehr schwer schmelzbar; mit Borax Mn-Perle, in der einseitigen Glasröhre öfters Wasser, mit Salzsäure entwickelt sich Chlor.

Als primäres, deutlich krystallisirtes Mineral (Polianit im engeren Sinn) selten, als secundäres, durch Umwandlung hervorgegangen, aber gemein und wichtigstes Manganerz in Folge seiner Eigenschaft, die chemisch stabilste Mn-Verbindung zu sein, in die alle Mn-Mineralien bei der Verwitterung übergehen. Daher zumeist als Umwandlungsproduct aller übrigen Mn-Mineralien und als metasomatische Bildung nach Kalkstein. Auf Lagerstätten aller Art, auf Gängen, Lagern und Flötzen, in Secretionen und Concretionen, im eisernen Hut, als Pigment von Gesteinen, als Ueberzug und bläulich schwarzer Hauch auf Mineralien und Gesteinsklüften.

Man unterscheidet eine Reihe physikalisch sehr verschiedener Varietäten.

1. Polianit, primäre XX und deren deutlich krystalline Aggregate. Mgl., licht stahlgrau. Str. schwärzlichgrau. H. = 6—6½. Auf Gängen: bei Eiserfeld und Hirschberg im Siegenschen; zu Platten, Schneeberg und Johann-Georgenstadt im Erzgebirge; Nassau, mehrorts in Cornwall. In Brauneisensteingeoden von Peine.

2. Pyrolusit. Weichmanganerz. Strahliger Graubraunstein; begreift die pseudomorphen Bildungen nach anderen Mn-Mineralien, insbesondere nach Manganit, daher auch dessen charakteristische spiessige, wirrstrahlige bis faserige Structur. Mgl., lichtstahlgrau bis schwärzlichgrau. Str. schwarz. H. = 2—2½, mild. Wasserhaltige Uebergangsstufen von Manganit in Pyrolusit sind als Varvicit bezeichnet worden. — Auf den Fundstätten des Manganits und Hausmannits, besonders schön und typisch im Thüringer Wald (am Oehrenstock bei Ilmenau, Elgersburg, Friedrich-

roda) und bei Ilfeld am Harz, auch sonst weit verbreitet, z. B. Lindener Mark, Horhausen, Siegen.

3. Derber Graubraunstein. Derbe, feinkörnige bis dichte Aggregate, metallisch schimmernd bis matt; grauschwarz mit schwarzem Strich. H. = 5—6. Oder erdig und mulmig, in Farbe und Strich schwarz, zerreiblich. Auch als schwarze Kruste oder Beschlag auf Bruch- oder Spaltflächen Mn-haltiger Mineralien und Gesteine. Geht hervor aus der Zersetzung von Mn-Carbonat und -Silicat, manganhaltigen Spatheisensteinen (daher häufige Verknüpfung mit Brauneisenstein) und aus metasomatischer Umwandlung von Kalksteinen und Dolomiten, wohl auch als selbständiger Niederschlag aus Lösungen und von concretionärer Entstehung. — Dahin die ausgedehnten flötzartigen Vorkommen mit oolithischer Structur im Kaukasus, die als eiserner Hut von Manganspathgängen auftretenden zahlreichen Lagerstätten der Provinzen Huelva in Spanien und Alemtejo in Portugal, die lagerartigen, durch Substitution entstandenen Vorkommnisse in Nassau und Lindener Mark bei Giessen, weiter die mit Brauneisenstein im Tertiär lagernden Fundstätten Hessens, sowie die Pelagit genannten knolligen Concretionen am Boden des Stillen Oceans etc.

4. Psilomelan. Schwarzer Glaskopf. Hartmanganerz z. Th. Getropfte, traubige, nierige Aggregate, die auf dem flachmuschligen bis ebenen Bruch völlig dicht, wie amorph, zuweilen jedoch auch feinfaserig erscheinen. H. = 5—6. Eisen- bis bläulichschwarz; ohne Mgl., aber Bruch und Strich schimmernd. Str. bräunlichschwarz. — Stets und reichlich gemengt mit anderen Substanzen: Wasser, MnO, BaO, K_2O, Al_2O_3, SiO_3 etc. Li-haltiger Psilomelan von Breitenbrunn wurde Lithiophorit, eben solcher von Rengersdorf bei Görlitz Kakochlor, Cu-haltiger Ps. Kupfermanganerz oder (von Remolinos in Chile) Pelokonit genannt. — Gern und vielorts neben Baryt auf Gangklüften in Eruptivgesteinen und auf Hohlräumen von Eisen- und anderen Erzlagerstätten. Johann-Georgenstadt, Schneeberg, Breitenbrunn; Ilmenau, Friedrichroda, Kamsdorf, Siegen, Horhausen; Romanêche etc.

5. Wad. Manganschaum. Groroilith. Feinschuppige bis feinerdige schaumige, abfärbende Aggregate von knolliger, nieriger Form; leicht und locker in Folge schneller Abscheidung aus Lösung. Nelkenbraun und grau bis bläulichschwarz. Str. graubraun. H. = 1—3. Matt bis schimmernd. Zus. durch Beimengungen aller Art ebenso schwankend wie Psilomelan; ein Cu-haltiges Vorkommen von Kamsdorf ist Lepidophaeit, ein solches mit Fe, Cu, Co u. a. von Nischne-Tagilsk ist Rhabdionit genannt worden. — Geht überall aus der Verwitterung von Mn-haltigen Spath- und Brauneisensteinen, sowie von Silicaten hervor. Harz, Thüringer Wald, Nassau, Siegen, Groroi im Dép. de la Mayenne etc.

6. Manganschwärze, schwarzes, russartiges Pulver, am Ausgehenden Mn-haltiger Erzlagerstätten und aus deren Zersetzung entstanden; daher stets wasserhaltig und mit allen möglichen Substanzen gemengt und entsprechend mit verschiedenen Namen belegt; die vorwiegend Cu-haltigen Varietäten sind Kupferschwärze die Co-haltigen schwarzer Erdkobalt oder Asbolan, die Ni-haltigen Heubachit genannt worden. In allen Erzrevieren.

Die Verbindung MnO_2 erweist sich gegenüber allen Einwirkungen der Atmosphärilien am widerstandsfähigsten, daher werden alle Manganmineralien und zwar relativ schnell darin übergeführt. Bei der extensiven Verbreitung des Mangans erscheint MnO_2 neben Fe_2O_3 und Eisenhydroxyd als das verbreitetste anorganische Pigment; auf den Schichtenfugen und den feinsten Haarklüften scheidet es sich als blauschwarzer Hauch oder in zierlichen Dendriten ab. — Verwendung zur Chlordarstellung, neuerdings besonders wichtig geworden zur Gewinnung von Spiegeleisen und Ferromangan.

Im Anschluss an den Polianit folgen hier 2 Manganerze, die neben der Polianitsubstanz noch MnO enthalten und demzufolge als manganigsaure Salze des Mangans aufgefasst werden können.

Braunit. Hartmanganerz z. Th. Mn_2O_3.

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0,9852$ (Haidinger). — XX gewöhnlich sehr klein, auf Drusen krustenartig neben einander sitzend; mit pyramidalem Habitus. *(111)P* mit 108° 39′, also oktaederähnlich, die Pole öfters abgestumpft durch *(001)oP*, zuweilen auch *(421)4P2* vorherrschend. Zw. nach *(101)P∞*. — Derbe körnige Aggregate.

(111)P ziemlich vollk., Br. uneben, spröde. H. = 6—6½, durch Verwitterung weicher. G. = 4,73—4,9. Fettiger Mgl., undurchs., eisen- bis bräunlichschwarz mit schwarzem, kaum bräunlichem Str.

Formel wird gedeutet als MnO, MnO_2; enthält 69,6 Mn, 30,4 O; daneben nicht selten eingemengt Baryt und Kieselsäure. In der Marcelin genannten Var. sind 7—15 SiO_2. — V. d. L. unschmelzbar, violette Boraxperle; mit HCl Chlorentwicklung.

Auf Manganlagerstätten, namentlich auf Gangdrusen: Elgersburg, Oehrenstock, Schmalkalden; Ilfeld; St. Marcel in Piemont; Botnedal in Norwegen; Jacobsberg in Wermland, Långban.

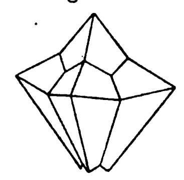
Mit Magnetit und Hausmannit zu verwechseln.

Crednerit (Mangankupfererz) verhält sich chemisch wie ein Cu-haltiger Braunit (CuO in wechselnden Mengen bis zu 43%), erscheint in blätterigen und körnigen Aggregaten, ist eisenschwarz mit schwarzem Str. H. = 4½—5, G. = 4,9. Friedrichroda im Thüringer Wald.

Hausmannit. Glanzbraunstein. Mn_3O_4.

Tetragonal, anscheinend sphenoidisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 1,1743$ (Haidinger). — XX ein- und aufgewachsen, stets mit pyramidalem Habitus. *(111)P* mit 116° 59′, oft horizontal gestreift; selten tritt *(113)*⅓*P*, hinzu, noch seltener *(110)∞P*. Häufig Zw. nach *P∞*, vielfach sind wie beim Kupferkies 5 Individuen cyclisch mit einander verbunden (Fig. 379). Diese Zw. erscheinen dann wie grössere Bipyramiden mit einwärts geknickten Kanten. — Derb, späthig-körnig, in Pseudomorphosen nach Manganit und Kalkspath.

Fig. 379.



(001)oP vollk., *(111)P* und *(101)P∞* undeutlich. Br. uneben. H. = 5—5½, G. = 4,7—4,8. Unvollk. fettiger Mgl., undurchs. Eisenschwarz mit Stich ins Braune. Str. braun.

72 Mn, 28 O. — V. d. L. unschmelzbar; in Salzsäure unter Cl-Entwicklung löslich.

Auf Gängen von Oehrenstock und Friedrichroda im Thüringer Wald, Ilfeld am Harz. Massenhaft in Dolomiten von Pajsberg, Nordmark, Långban, Grythytta in Schweden.

Aehnliche Mineralien: Magnetit, Braunit. — Hetairit, vielleicht ein Zn-haltiger Hausmannit, in nierigen, halbmetallisch bis metallisch glänzenden Krusten. Schwarz. H. = 4, G. = 4,93. Zusammen mit Chalkophanit von Sterling Hill in New-Jersey.

Oxyde der Metalle Cu und Pb.

Rothkupfererz. Cuprit. Cu_2O.

Regulär, plagiedrisch-hemiedrisch. — XX aufgewachsen (Cornwall), seltener eingewachsen (Chessy bei Lyon) und dann schön ausgebildet; manchmal haarförmig gestreckt. *(111)O*, *(111)∞O*, daneben *(100)∞O∞*, seltener *(221)2O* und *(211)2O2*. An cornischen XX wurde plagiedrische Ausbildung eines Hexakisoktaeders beobachtet. — Derb, körnig, dicht, in haarförmigen Aggregaten als Kupferblüthe (Chalkotrichit; besonders schön von Rheinbreitbach, aber auch a. O.), in Pseudomorphosen, häufiger selbst umgewandelt, gewöhnlich in Malachit, wie zu Chessy.

(111)O deutlich, Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = $3\frac{1}{2}$—4, G. = 5,7—6. Auf den Krystallflächen und dem frischen Br. körniger Aggregate metallischer Diamantgl., sonst matt. Durchschein. bis undurchs. Cochenillroth, ins metallisch Bleigraue; derbe Stücke roth- bis schwarzbraun. Str. braunroth bis schmutzigbraun. Die haarförmige Kupferblüthe ist carminroth mit gleichem Str. Sehr hoher Br.-I., *n* für roth = 2,849.

88,8 Cu. V. d. L. erst schwarz werdend, giebt leicht Cu-Korn; in Säuren und in Ammoniak löslich.

Wichtiges Kupfererz! Am Ausgehenden sulfidischer Kupfererzlagerstätten, vielfach neben Brauneisen: im Siegenschen, Rheinbreitbach, Kamsdorf, Dobschau, Moldowa. Auf Gängen neben Zinnstein vielorts in Cornwall; trumartig und eingewachsen in Thonen und Letten: Chessy, Gumeschewsk, Nischne Tagilsk, Bogoslowsk; Schlangenberg im Altai in Thonschiefer. Arizona, Chile, Peru, Bolivia. Südaustralien. Auf Vesuvbomben von 1835.

Aehnliche Mineralien: Rothgültig, Rotheisen, Zinnober, zuweilen Blende; Malachit-Durchsprengung oft charakteristisch. — Ziegelerz, Gemenge von Cuprit und Brauneisen, röthlichbraun bis ziegelroth; erdig. Verwitterungsproduct des Kupferkieses und auf dessen Lagerstätten; Kupferpecherz, braun bis schwarz, ist ein durch SiO_2 verunreinigtes und pechartig schimmerndes, dichtes und derbes Ziegelerz. Cuprocalcit ist wahrscheinlich ein unreines Gemenge von Cuprit und Calcit.

Tenorit. CuO. Monoklin oder triklin. In XX nur als Sublimationsproduct auf Vesuvlaven ($CuCl_2 + H_2O = CuO + 2ClH$), kleine, scheinbar hexagonale Täfelchen von stahlgrauer bis schwarzer Farbe; Mgl., in sehr dünnen Blättchen braun durchscheinend. — Häufiger als erdiges und russartiges Verwitterungsproduct von schwarzer Farbe auf Kupfererzen und dann Melaconit, Kupferschwärze z. Th., Schwarzkupfererz genannt. Harz, Ducktown, Oberer See.

Bleiglätte. Bleiocker. Massicot. PbO. Künstliche XX rhombisch, in der Natur derb, feinschuppig. Wachs- bis orangegelb; fettglänzend. Fundorte meist zweifelhaft; mit Sicherheit nur aus Mexico bekannt.

Mennige. Pb_3O_4, als PbO, Pb_2O_3 gedeutet, mit 90,65 Pb. Nur derb, eingesprengt, als Anflug; in Pseudomorphosen nach Bleiglanz und Cerussit. Br. eben und erdig. H. = 2—3, G. = 4,6. Undurchs., matt oder schwach fettglänzend. Morgenroth, Str. orangegelb. Natürliche Fundorte meist zweifelhaft, da sich Mennige beim Rösten von Bleierzen bildet. Badenweiler; Bleialf und Kall in der Eifel; Insel Anglesea; Leadhills; Schlangenberg; Bolanos in Mexico.

Monoxyde der Metalle Mg, Zn, Mn, Ni.

Isodimorph: regulär und hexagonal.

a) **Reguläre Reihe.**

Periklas. MgO. Regulär. XX sehr klein. (111)O und (100)∞O∞; späthige Aggregate und derbe Körner. # (100)∞O∞ vollk. H. = 6, G. = 3,674—3,75. Durchs., grünlichgrau bis dunkelgrün. Glasgl. — V. d. L. unschmelzbar; gepulvert in Säuren löslich. Monte Somma; eingesprengt in Mn-haltigem Dolomit von Långban in Wermland und Kitteln in Nordmarken; auch künstlich.

Manganosit. MnO. Mikroskopisch kleine XX und derbe Partien mit hexaedrischer #. Auf frischem Br. smaragdgrün, sich an der Luft schwärzend. Långbanshyttan in Wermland, auch künstlich.

Bunsenit. NiO. Regulär. XX sehr klein; (111)O. H. = 5½, G. = 6,4. Durchschein., pistaziengrün. Glasgl. In Säuren fast unlöslich. Mit Nickelocker von Johann-Georgenstadt; auch künstlich.

b) **Hexagonale Reihe.**

Rothzinkerz. Zinkit. ZnO.

Hexagonal, hemimorph. $a : c = 1 : 1{,}6219$ (Rinne). — Als Mineral nur derb in körnigen, grobspäthigen und schaligen Aggregaten. Die häufigen künstlichen XX des Ofenbruchs zeigen gewöhnlich $(10\bar{1}0)\infty P$, $(0001)oP$, $(000\bar{1})oP_{,}$, $(10\bar{1}1)P$ und $(10\bar{1}\bar{1})P_{,}$; die Hemimorphie ergiebt sich meist erst aus den gleichschenklig dreieckigen Aetzfiguren auf den Prismenflächen und aus Ergänzungszw. nach $(0001)oP$.

$(0001)oP$ vollk., oft noch durch schaligen Bau besonders hervortretend, nach $(10\bar{1}0)$ zuweilen deutlich. Br. muschlig, spröd. H. = 4 bis 4½, G. = 5,4—5,7. Blut- bis hyacinthroth in Folge des steten Mn-Gehalts; künstliche Vorkommnisse sind farblos, grünlichgelb bis honigbraun. Str. röthlichgelb, diamantartiger, nicht metallischer Gl., kantendurchschein. D.-Br. positiv.

Natürliches Vorkommen mit stetem Mn-Gehalt, sodass die Formel (ZnMn)O der Zusammensetzung entspricht. 72—80% Zn, bis 9% Mn. — V. d. L. unschmelzbar, auf Kohle Zinkbeschlag, mit Borax Mn-Perle; in Säuren löslich.

Rothzinkerz ist merkwürdig durch sein auf New-Jersey (Sterling-Hill, Franklin, Sparta etc.) beschränktes Vorkommen, wo es dann aber

bei seinem massenhaften Auftreten zu einem wichtigen Zinkerz wird. Findet sich daselbst lagerartig zwischen körnigen Urgebirgskalken in charakteristischer Paragenesis mit Mn-haltigen Mineralien, namentlich Franklinit und Mn-Kalkspath, untergeordnet Willemit, Tephroit, Fowlerit, Granat. — Als krystallisirtes Hüttenproduct gemein.

Aehnlich Rutil.

Sesquioxyde der Metalle Al, Fe, Ti, Mn.

Korundgruppe.

Isomorph. Hexagonal.

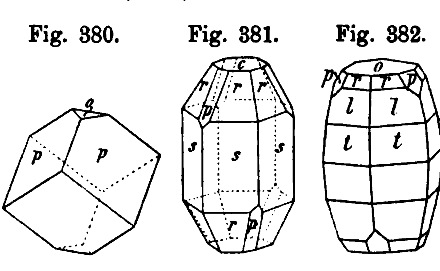
Al_2O_3	Korund	a : c = 1 : 1,364	hexagonal, rhomboedr.-hemiedr.
Fe_2O_3	Eisenglanz	= 1 : 1,366	
$(FeTi)_2O_3$	Titaneisen	= 1 : 1,385	„ rhomboedr.-tetartoedr.
$(MnTi)_2O_3$	Pyrophanit	= 1 : 1,369	

Bei der Aehnlichkeit des Axenverhältnisses zwischen den 4 Mineralien ist es auffällig, dass Titaneisen (und der seltene Pyrophanit) nicht der gleichen Symmetrieklasse angehört wie Korund und Eisenglanz. Da auch die chem. Zus. des Titaneisens eigenthümlich ist, so ist seine Isomorphie mit Eisenglanz angezweifelt worden, wiewohl zwischen beiden neben ähnlichen Winkeln auch mancherlei Analogien der Form, des Habitus und der physikalischen Eigenschaften vorhanden sind.

Korund. Al_2O_3.

Hexagonal, rhomboedr.-hemiedrisch. $a:c = 1:1{,}3636$ (Jeremejew). — XX, zuweilen von beträchtlicher Grösse, eingewachsen oder lose, zeigen prismatischen, spitz pyramidalen, flach tafeligen oder rhomboedrischen Habitus. $P = (10\bar{1}1)R$ mit 86° 4′, $s = (11\bar{2}0)\infty P2$, $o = (0001)oR$. Charakteristisch und häufig ist das gleichzeitige Auftreten verschiedener steiler Bipyram. II Art, wie $r = (22\bar{4}3)\frac{4}{3}P2$, $l = (22\bar{4}1)4P2$, $(22\bar{8}3)\frac{8}{3}P2$ u. a., wodurch tonnenförmig gewölbte oder horizontale stark geriefte XX erzeugt werden. Grosse XX, vielfach langstenglig ausgebildet, sind gewöhnlich uneben und rauhflächig. Zw. nach $(10\bar{1}1)R$ häufig in Form eingeschalteter Zwillingslamellen, die eine ausgezeichnete Zwillingsstreifung hervorbringen können; sind die Lamellen parallel allen Rhomboederflächen eingeschaltet, so zeigt die Basis Dreiecksstreifung.

Fig. 380. Fig. 381. Fig. 382.



$(10\bar{1}1)R$ oft vollk., ist aber wohl nur schalige Absonderung in Folge eingelagerter Zwillingslamellen; auch # $(0001)oR$ mehr oder minder deutlich. Br. muschlig bis splittrig. H. = 9, G. = 3,9—4. Farblos, am häufigsten blau oder bläulich, sonst roth (rubinroth, braunroth, rosaroth), braun, grau, öfters mehrfarbig, namentlich weisslich und bläu-

lich. Durchs. bis trübe; pleochroitisch. Glasgl., auf *(0001)oR* zuweilen Asterismus. D.-Br. negativ, $\omega = 1,768$, $\varepsilon = 1,760$ für roth, zuweilen optisch zweiaxig und daher auch für monoklin gehalten.

53,04 Al, nur pigmentirt (durch Fe etc.). Unschmelzbar; in Borax schwierig, aber völlig auflösbar; von Säuren nicht angegriffen, wohl aber von Kaliumbisulfat gelöst. Das mit Co-Solution befeuchtete und geglühte Pulver färbt sich blau.

Lose auf Edelsteinseifen. Eingewachsen in körnigen Kalken und Dolomiten, in Gneiss, Glimmer- und Chloritschiefer, auch in Granit und als Einschluss zuweilen in Basalt (Unkel am Rhein); zuweilen Product der Contactmetamorphose; auch künstlich darstellbar. Umgewandelt zu Glimmer, Spinell.

Varietäten.

1. Sapphir und Rubin, dahin die rein und schön gefärbten, durchsichtigen Abänderungen; blau = echter Sapphir (Salamstein), roth = echter oder orient. Rubin (Karfunkel), grün = orient. Smaragd, gelb = orient. Topas, violett = orient. Amethyst. Meist lose auf Seifen, namentlich den ostasiatischen, neben anderen Edelsteinen. Ceylon, Birma, Hindustan, Siam, China, vom Ural (Miask, Slatoust, Kossoibrod); blaue Körner im Basalt von Unkel.

2. Gemeiner Korund (Demantspath), dahin die trüben und unrein gefärbten XX und Körner aus den krystallinen Schiefern, Kalken etc., sowie aus den Seifen. Gewöhnlich blätterig. Krummhübel im Riesengebirge, im Dolomit von Campolongo in Tessin und sonst im Gotthard-Gebiet, von Miask, auf der Magnetitlagerstätte von Gellivara; an zahlreichen Punkten in den Ver. Staaten, namentlich in Nord-Carolina, wo sich centnerschwere XX finden; auf der Contactlagerstätte in Warwick und Amity in New-York.

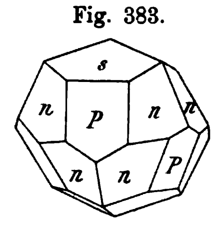
3. Smirgel, inniges Gemenge von Korund mit Magnetit und Eisenglanz, daher einem Eisenerz ähnlich; mit stark wechselndem Gehalt an Al_2O_3. Im Urgebirgskalk der Insel Naxos, ähnlich auf anderen Inseln des griechischen Archipels und besonders in Kleinasien (Gummuchdagh), im Chloritschiefer von Mramorskoi im Ural und von Chester, Mass., im Glimmerschiefer am Ochsenkopf bei Schwarzenberg in Sachsen. —

Aehnliche Mineralien: Die Edelsteine der Seifen, wie Smaragd, Zirkon, Spinell, Granat, Cordierit, Turmalin u. a., zur Unterscheidung dienen Härte, spec. Gew. und optisches Verhalten. Schöne, tief rothgefärbte Rubine stehen höher im Preise als Diamanten; was gewöhnlich Rubin genannt wird, ist aber vielfach Spinell oder Granat.

Eisenglanz. Hämatit. Specularit. Rotheisenerz. Fe_2O_3.

Hexagonal, rhomboedr.-hemiedrisch. $a : c = 1 : 1,3656$ (Kokscharow). — XX (besonders schön von Elba, Cavradi im Tavetsch, Traversella, St. Gotthard) meist aufgewachsen und zu Drusen oder Gruppen verbunden, mit verschiedenem Habitus: pyramidal durch *(22$\bar{4}$3)*$^4/_3$*P2* bis linsenförmig, Elbaner Typus (Fig. 383), tafelig nach *(0001)oR*, Gotthard-Typus, rhomboedrisch nach *(10$\bar{1}$1)R*, Altenberger Typus; selten prismatisch nach *(11$\bar{2}$0)∞P2* wie die XX von

Fig. 383.



Framont und Reichenstein. Die gewöhnlichsten Formen sind: $P=(10\bar{1}1)R$ mit 86°, $s=(10\bar{1}4)^1/_4R$, $n=(22\bar{4}3)^4/_3P2$, $o=(0001)oR$, $u=(30\bar{3}5)^3/_5R$, $v=(01\bar{1}2)-^1/_2R$, $d=(02\bar{2}1)-2R$, $(01\bar{1}8)-^1/_8R$, $z=(11\bar{2}0)\infty P2$. Die Fläche s ist gewöhnlich unregelmässig horizontal gestreift durch wiederholte Combination mit u, häufiger noch linsenartig gekrümmt durch das oscillatorische Auftreten von $-^1/_8R$ und oR; auf oR öfters dreieckige, auf R klinodiagonale Streifung. — Ergänzungszw. nach $(0001)oR$, entweder als Durchkreuzungszw. (Elba) oder mit $(10\bar{1}0)\infty R$ neben einander verwachsen (tafelige XX der Alpen). An tafeligen XX findet sich auch ein zweites Zwillingsgesetz: nach $(10\bar{1}1)R$, wobei die beiderseitigen Tafeln unter 115° 14′ zusammenstossen. Ausserdem gesetzmässige Verwachsung mit Rutil (cfr. S. 122). — Derb, in groben, blätterigen, schuppigen, körnigen, faserigen und sehr dichten Aggregaten; glaskopfartig und erdig. In Pseudomorphosen nach Kalkspath, Spatheisen, Pyrit etc.; solche nach Magnetitoktaedern, wie sie zu Rittersgrün in Sachsen, in Brasilien, im Marquettedistrict, am Ural vorkommen, sind als **Martit** bezeichnet worden.

$(10\bar{1}1)R$ meist undeutlich, nach $(0001)oR$ zuweilen schalige Absonderung, beides wohl in Folge blätterigen Zwillingsbaues. Br. muschlig, spröd. H. = $5^1/_2-6^1/_2$, in erdiger Abänderung bis auf 1 herabsinkend. G. = 5,19—5,28. Mgl. nur bei der phanerokrystallinen Abart (Eisenglanz) und an Harnischen, sonst unmetallisch, matt; in sehr dünnen Blättchen, wie es die Einschlüsse in Carnallit, Heulandit, Orthoklas etc. sind, roth durchscheinend. Stahlgrau bis eisenschwarz, zuweilen (Elba) prächtig bunt angelaufen; die derben Aggregate roth bis rothbraun. Str. kirschroth bis braun; wirkt auf die empfindlich gemachte Magnetnadel.

70 Fe, 30 O, jedoch häufig etwas TiO_2 (bis 7%), FeO, MgO, öfters gemengt mit Kiesel- und Phosphorsäure, Kalk, Thonerde etc. — Unschmelzbar; wird v. d. L. auf Kohle magnetisch; färbt die Boraxperle und löst sich gepulvert langsam in Säuren.

Wichtiges und weit verbreitetes Eisenerz. Auf selbständigen Lagerstätten und als Gemengtheil von Gesteinen aller Art; sehr häufig als rothes Pigment von Mineralien und Gesteinen. Theils primärer Entstehung sowohl aus Lösung wie aus dem Schmelzfluss und der Zersetzung vulkanischer Gase ($Fe_2Cl_6 + 3H_2O = Fe_2O_3 + 6HCl$), theils secundär aus der Verwitterung Fe-haltiger Mineralien hervorgehend, häufiger noch als metosomatische Bildung nach Kalkstein; gelegentlich auch als Versteinerungsmittel. Im Contact häufig in Magnetit übergeführt.

Nach dem Grade der krystallinen Ausbildung sind zwei wesentlich von einander verschiedene Abarten zu unterscheiden:

1. **Eisenglanz.** Glanzeisenerz; dahin die XX und deutlich krystallinen Aggregate mit metallartigem Aussehen. H. = $6-6^1/_2$. Stahlgrau mit Stich ins Blaue,

zuweilen bunt angelaufen. Str. rothbraun. — a) Auf selbständigen Lagern in krystallinischen, seltener in jüngeren Schiefern, vielfach neben Magnetit und untergeordnetem Pyrit. Technisch wichtige Vorkommen vielorts in Schweden: Gellivara, Grängesberg, Norberg, Långbanshyttan etc., im nördlichen Norwegen: Naeverhaugen; bei Rio auf Elba, Framont im Elsass, im Marquette- und anderen Districten am Südufer des Lake Superior, Pilot Knob in Missouri. — b) Als Gemengtheil bezw. als Vertreter des Glimmers in manchen Glimmerschiefern, sogen. Eisenglimmerschiefer oder Itabirit. Brasilien, Süd-Carolina, nördliches Norwegen (Dunderlandsthal). — c) Auf Klüften und Hohlräumen von Silicatgesteinen und derbem Rotheisen; oft in schönen ⨯⨯ (Elba, Cavradi etc.) und rosettenartigen Gruppen (Eisenrosen der Alpen z. Th.), in Form feiner schuppiger lockerer Aggregate (Eisenrahm); hierher auch das wichtige Gangvorkommen vom Iron Mountain in Missouri. — d) Als Sublimationsproduct auf Laven und an Vulkanen; Eifel, Auvergne, Vesuv, Aetna etc. — e) Als gelegentlicher und untergeordneter Gemengtheil mancher Granite, Syenite, Porphyre. — f) Als mikroskopische und färbende Interposition mancher Mineralien, wie Orthoklas, Heulandit etc. — g) Gelegentlich auch auf Seifen, wie im Ural.

Aehnliche Mineralien: Magnetit, Chromit, Nigrin.

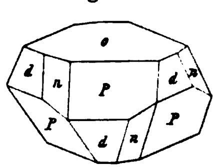
2. Rotheisenstein, derb in dichten, feinfaserigen und erdigen Aggregaten, auch oolithisch; durchweg ohne metallisches Ansehen. H. = 1—6. Farbe und Str. roth bis braunroth. — a) Auf Gängen, namentlich in Eruptivgesteinen, nicht selten glaskopfartig ausgebildet. (Rother Glaskopf, Blutstein, mit faserig-strahliger Structur und oft ganz glatten Zusammensetzungsflächen.) Harz, Erzgebirge etc. — b) Häufig auf Lagern und Flötzen, die vielfach nicht direct gebildet, sondern aus der Umwandlung von Braun- und Magneteisen oder durch metasomatische Verdrängung von Kalkstein hervorgegangen sind; daher auch verunreinigt mit Kalk, Thon (Thoneisenstein z. Th.), Kieselsäure (kieseliger R.). Structur mannichfach: dicht, erdig, ockerig, mild und weich (Röthel); oolithisch. Harz, Westfalen, Nassau, Böhmen, Bilbao, Michigan, Wisconsin etc. etc. — c) In Pseudomorphosen nach Calcit (Sundwig), Magnetit (Martit) und anderen Mineralien, sowie als Versteinerungsmittel. — d) Als Pigment von Gesteinen und ganzen Formationen.

Aehnliche Mineralien: Zinnober, Rothkupfer, Rothgültig.

Titaneisen. Ilmenit. $(FeTi)_2O_3$.

Hexagonal, rhomboedr.-tetartoedrisch. $a:c = 1:1,3846$ (Kokscharow). — ⨯⨯ meist eingewachsen mit rhomboedrischem Habitus (Fig. 384), sonst aufgewachsen mit tafeligem Habitus und gern rosettenartig gruppirt (Eisenrosen). $P = (10\bar{1}1)R$ mit 86° im Mittel, $o = (0001)oR$, $v = (01\bar{1}2) - {}^1/_2R$, $d = (02\bar{2}1) - 2R$. Die Formen $n = (22\bar{4}3)\,{}^4/_3P2$ und $(10.6.\bar{16}.5)2P{}^5/_8$ sind als Rhomboeder II, bezw. III Art ausgebildet. Ausser Ergänzungszw. noch polysynthetische Zw. nach $(10\bar{1}1)R$. — Derb und eingesprengt, in körnigen und schaligen Aggregaten, sowie lose in abgerollten Körnern und als Sand.

Fig. 384.



⋕ $(10\bar{1}1)R$, nicht immer wahrnehmbar und wohl nur schalige Zwillingsablösung. Br. muschlig bis uneben. H. = 5—6, G. = 4,56—5,21, um so höher je mehr Fe_2O_3. Unvollkommener, zuweilen aber auch deutlicher Mgl. auf frischem Br.,

sonst matt. Undurchs., in dünnen Blättchen braun durchschein. Eisenschwarz bis schwärzlichbraun. Str. gewöhnlich schwarz, in seltenen Fällen braun. Unmagnetisch bis schwach magnetisch.

Zus. schwankend, z. Th. $FeTiO_3$ mit 46,65 FeO und 53,35 TiO_2, als FeO, TiO_2 deutbar und demgemäss als Titanat den analogen Silicaten im System angereiht. Für diese Auffassung spricht auch der Umstand, dass im sogen. Pikrotitanit (besser Pikroilmenit) MgO für FeO eintritt, ja dass im isomorphen Geikielith fast das reine $MgTiO_3$ vorliegt. Andererseits weisen aber neben der Krystallgestalt der Titangehalt des Eisenglanzes und das Vorhandensein wechselnder Mengen von Fe_2O_3 im Ilmenit, welche Uebergangsglieder vom Eisenglanz zum Titaneisen unterscheiden lassen (Washingtonit und Hystatit), auf die Zugehörigkeit des Titaneisens zur Korundgruppe.

V. d. L. unschmelzbar, von Säuren sehr schwer gelöst; von Kaliumbisulfat zersetzt.

Vorkommen. 1. Eingewachsen als accessorischer Gemengtheil von basischen Eruptivgesteinen; im Dünnschliff an den zerhackten Formen und an der Umwandlung in faserigen Titanit (sogen. Leukoxen und Titanomorphit) kenntlich. Derbe Partien am Egersund; ferner eingewachsen im Miascit vom Ilmengebirge; mehrorts im Granit, z. B. Aschaffenburg; als Hystatit von Tvedestrand bei Arendal, als Kibdelophan im Talkschiefer von Gastein; auf den Apatitgängen Norwegens (Kragerö) und Canadas. 2. Aufgewachsen auf Klüften am St. Gotthard (Eisenrosen z. Th. = Basanomelan, am schwarzen Strich kenntlich), bei Bourg d'Oisans (sogen. Crichtonit). 3. Lose als Geröll (Iserin) von der Iserwiese, und als Titaneisensand (Menaccanit) in Cornwall und im Stromgebiet des St. Lorenzstroms; auf den Goldwäschen von Ohlapian in Siebenbürgen.

Als Eisenerz nicht verwerthbar. Aehnliche Mineralien: Magnetit, Eisenglanz, Nigrin. — Hydroilmenit, wasserhaltiges Verwitterungsproduct des Titaneisens. Alsheda in Småland.

Pyrophanit. $(MnTi)_2O_3$ bezw. $MnTiO_3$, hexagonal, rhomboedrisch-tetardoedrisch, isomorph mit Titaneisen. Stark glänzende, blutrothe Täfelchen. H. 5, G = 4,537. Harstig-Grube bei Pajsberg. — Senait aus den diamantführenden Sanden von Diamantina enthält neben Mn noch Fe, Pb und Mg.

2. Abtheilung. **Hydroxyde.**

Stiblith. Stibiconit. Antimonocker z. Th. $H_2Sb_2O_5$ (= $2SbO_2 + H_2O$). Derbe, fettglänzende Partien, häufiger noch matte erdige Krusten und pulverige Anflüge. Schwefelgelb bis rostgelb. H. = 1—5. Als Verwitterungsproduct von Antimonglanz, Fahlerz und sonstigen Sb-haltigen Erzen weit verbreitet und gemein. — Partzit aus Californien und Corongit aus Peru sind wahrscheinlich Gemenge von Antimonhydroxyd mit Oxyden von Cu, Pb und Ag, durch Verwitterung hervorgegangen.

Opal. $SiO_2 + aq$.

Amorph. — Derb, eingesprengt und auf Trümmern, in nierigen, traubigen, stalaktitischen Partien, lagenartig; auch locker und erdig. In Pseudomorphosen und als Versteinerungsmittel.

Br. ausgezeichnet muschlig. H. = 5½—6½, im erdigen, angewitterten oder noch nicht erhärteten Zustand bis auf 1 herabsinkend. G. = 2,1—2,3. Glasgl. bis Fettgl., durchs., durchschein. und undurchs. Farblos, milchweiss, kolophoniumbraun und sonstwie gefärbt. In Folge von Spannungen oft doppelbrechend.

SiO_2 mit wechselndem Wassergehalt (3—13% und darüber), selten wasserfrei; öfters Beimengungen von CaO, Al_2O_3, MgO, Fe_2O_3, wie der mit Kalk und Thonerde vermengte Alumocalcit von Eibenstock und Rezbánya und der orangefarbene As_2S_3-haltige Forcherit von Knittelfeld in Steiermark. — V. d. L. allein nicht, wohl aber mit Soda schmelzbar; giebt im Kölbchen Wasser. Löslich in heissen Laugen.

Geht aus der Zersetzung von Silicaten hervor, durchtrümmert jungvulkanische Eruptivgesteine, scheidet sich als Sinter aus heissen Quellen und in Form concretionärer Knollen aus kieselhaltigen Sedimentgesteinen (Feuersteine der Schreibkreide) ab; baut die Kieselskelete von Pflanzen und Thieren auf; nicht selten als Versteinerungsmittel, namentlich von Hölzern. Kann sich in Chalcedon umwandeln.

Varietäten. 1. Edler Opal, bläulich- bis gelblichweiss, durch bunte Farbenreflexe im Innern ausgezeichnet. Werthvoller Edelstein! Auf Trümmern in einem zersetzten Trachyt von Czerwenitza in Ungarn, wo er seit Alters bergmännisch gewonnen wird; andernorts wie in Mexico, den Färöer selten; neuerdings aus Queensland. — Feueropal, bernsteinfarben bis hyacinthroth, durchs.; auf Trümmern. Zimapan in Mexico, Färöer, Telkibánya. — Hydrophan (Milchopal), ein durch Wasserverlust trüb und weiss gewordener Edelopal, wird durch Wasseraufnahme wieder durchs. (Weltauge), Hubertusburg.

2. Hyalit, wasserhell und glasglänzend von traubiger und nieriger Form; sieht gallertartig aus. Auf Klüften, Mandelräumen und als Ueberzug vulkanischer Gesteine. Waltsch in Böhmen, Kaiserstuhl. — Durch Wasserverlust wird der Hyalit trübe und undurchs. und heisst dann Perlsinter (Fiorit). Santa Fiora in Toscana.

3. Gemeiner Opal, derb, eingesprengt, auf Trümmern, mit typisch opalartigem Aussehen; gelblichweiss, braun, grün, roth etc. gefärbt. Harzglänzend, durchschein. bis undurchs. Freiberg, Eperies, Telkibánya; im Serpentin von Kosemitz in Schlesien, in Mandelsteinen von Island und den Färöer. — Kascholong, durch Wasserverlust weiss und undurchs. gewordener Opal von porcellan- oder emailartiger Beschaffenheit, traubig und derb. Island, Färöer etc. — Jaspopal, durch Eisen blutroth, ziegelroth, rothbraun und braungelb intensiv gefärbt, daher undurchs. — Holzopal durch Opalsubstanz versteinertes Holz und demzufolge mit Holzstructur.

4. Kieselsinter (Geyserit), die krusten-, lagenförmigen und stalaktitischen Ausscheidungen aus heissen Quellen und Geysirn; compact und locker (Kieseltuff). Island, Neuseeland, Yellowstone-Gebiet.

5. Kieselerde, und zwar im Besonderen: Polirschiefer, Tripel, Kieselguhr, Randanit sind aus Opalsubstanz bestehende und in Schichten abgelagerte Panzer von Radiolarien und Diatomeen etc.; vielfach noch im erdigen oder nur locker verfestigten Zustand. Menilit von Menilmontant bei Paris und Schwimmkiesel sind knollenartige Concretionen innerhalb Kieselerde haltigen Sedimenten, Feuerstein desgleichen, aber innig mit Chalcedon gemengt. —

Melanophlogit bildet sehr kleine, anscheinend reguläre und hexaedrisch spaltende XX und reihenartig angeordnete Aggregate, die Kalkspath und Cölestin der Schwefellagerstätten auf Girgenti aufsitzen. H. = 6½—7. Besteht anscheinend aus Opalsubstanz mit einer Beimengung von ca. 5% Schwefelsäure und ca. 7½% Kohlenstoff und ist vielleicht nur eine Pseudomorphose.

Brucit. MgO, H_2O. Hexagonal-rhomboedrisch. Grosse, nach (0001)oR tafelige XX, deren Seiten von mehreren Rhomboedern begrenzt werden. $(10\bar{1}2)$R (82° 22′). Derb, in schuppigen, selten (sogen. Nemalith von Hoboken) in asbestartigen, feinfaserigen Aggregaten. # oR sehr vollk.; mild. H. = 2, G. = 2,3—2,4. In dünnen Blättchen gemein biegsam. Auf der Spaltfläche Perlmuttergl., sonst Glasgl. Durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, grünlich. Optisch positiv. 69 MgO, doch zuweilen Mn-haltig (Manganbrucit von Jacobsberg) und Fe-haltig. Wandelt sich in Hydromagnesit um. Auf Gängen und Trümmern im Serpentin, namentlich bei Texas, Pa., Insel Unst; derb im Kalkstein zu Filipstad, im Contact bei Predazzo. — Aehnlich: Talk, Gyps.

Predazzit und Pencatit sind Gemenge von Kalkstein und Brucit bezw. Hydromagnesit. Predazzo.

Pyrochroit. MnO, H_2O, isomorph mit Brucit. Gewöhnlich körnig und blätterig. Frisch weiss wie Brucit, färbt sich aber braun und schwarz; dünne Blättchen durchschein. Optisch negativ. Pajsberg bei Filipstad in schmalen Trümmern im Magneteisen.

Völknerit (Hydrotalkit). $6MgO, Al_2O_3 + 15H_2O$. Hexagonal. XX tafelig, meist in krummblätterigen und faserigen Aggregaten. # (0001)oP sehr vollk.; mild, etwas biegsam und fettig anzufühlen. H. = 2, G. = 2,04—2,09. Weiss, Perlmgl., dünne Blättchen durchschein.; enthält gewöhnlich etwas CO_2, wohl durch Verwitterung. Slatoust und Snarum.

Houghit dürfte ein dem Völknerit ähnliches Verwitterungsproduct von Spinell sein; im körnigen Kalk von Sommerville, New-York. — Pyroaurit ist ein Fe_2O_3 statt Al_2O_3 enthaltender Völknerit, in goldgelben hexagonalen Blättchen von Långban. — Namaqualith enthält CuO statt MgO, findet sich in seidenglänzenden Fasern und dünnen Lagen von blassgrauer Farbe in Namaqualand.

Göthitgruppe.

Isomorph, rhombisch, von der Formel R_2O_3, H_2O, wo R = Al, Fe, Mn. Hierher gehören Diaspor, Göthit, Manganit, die trotz grösserer Winkelunterschiede (vergl. die Prismenwinkel) doch alle charakteristischen Merkmale (Form, Spaltbarkeit) der Isomorphie zeigen. An- resp. eingefügt sind ausserdem noch einige von den eigentlichen Gliedern der Gruppe durch ihren Wassergehalt abweichende, sonst aber qualitativ ähnliche Verbindungen.

Diaspor. Al_2O_3, H_2O.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}4686 : 1 : 0{,}3019$ (Kokscharow). — XX klein und nicht häufig, nach *(010)∞P̆∞* tafelig verbreitert und

an den Enden meist durch gekrümmte Pyramiden und Längsdomen begrenzt. *(110)∞P* (129° 47′). — Gewöhnlich in blätterigen Aggregaten. # *(010)∞P̆∞* sehr vollk.; sehr spröde. H. = 6, G. = 3,3—3,46. Auf der Spaltfläche Perlmuttergl., sonst Glasgl.; durchs. bis durchschein. Farblos, gelblich, grünlich, violett und äusserlich oft braun gefärbt. Trichroitisch!

85,0 Al_2O_3, 15 H_2O. Unschmelzbar und nur nach starkem Glühen in Schwefelsäure löslich. Mit Co-Solution geglüht schön blau.

Im Chloritschiefer bei Kossoibrod am Ural; in Dillnit (thonartiges, wohl aus Kaolin und Diaspor bestehendes Mineralgemenge) eingewachsen zu Schemnitz, mit Korund im Dolomit von Campolongo, mit Cyanit am Greiner in Tirol; mit Smirgel auf Naxos, mit Margarit zu Unionville, Pa. etc.

Hydrargillit. $Al_2O_3, 3H_2O$.

Monoklin. *a* : *b* : *c* = *1,7089* : *1* : *1,9184*. β = 85° 29′ (Brögger). — Tritt in zwiefacher Form auf, als reines Mineral, mehr oder minder deutlich krystallisirt (Hydrargillit im engern Sinn) oder kryptokrystallin und stark verunreinigt (Bauxit). Entsprechend sind auch die physikalische Beschaffenheit, die chemische Zusammensetzung und das Vorkommen verschieden, sodass eine getrennte Besprechung der beiden Arten nothwendig wird.

1. Hydrargillit im engern Sinn. (Gibbsit.). Kleine scheinbar hexagonale Tafeln, zu Zw. verwachsen, zumeist aber fein radialfaserig und schuppig in sphäroidischer oder stalaktitischer Form, daher äusserlich leicht mit Wavellit und Chalcedon zu verwechseln. # (001)oP glimmerartig vollk. Zäh. H. = 2½—3, G. = 2,34—2,39. Auf der Spaltfläche Perlmgl., sonst Glasgl. Farblos und weiss in verschiedenen Tönen. 65,43 Al_2O_3, 34,57 H_2O. Unschmelzbar, in heissen Säuren schwierig löslich. Mit derbem Natrolith von Arö im Langesundfjord, Slatoust im Ural, Villarica in Brasilien, Unionville, Pa., Richmond, Mass.

2. Bauxit. (Beauxit. Wocheinit). Dichte thon- oder steinartige Aggregate, aufgebaut aus winzigen Schüppchen von Hydrargillit und in höherem oder geringerem Grade gemengt mit Kieselsäure (Sand, Hornstein), braunen und rothen Hydroxyden des Eisens, auch mit Braunstein, was dem Mineral häufig ein gesprenkeltes Aussehen verleiht. Bald in festen, auf dem flachmuschligen Bruch homogen erscheinenden concretionären Knollen und Bohnen, z. Th. mit oolithischer Structur, bald thonartig milde (Wocheinit), erdig, krümelig und vielfach noch mit der Structur des Gesteins, aus dem es durch Zersetzung hervorgegangen ist. — In reineren Varietäten ist H. = 1—3, G. = 2,40—2,55. Farbe sehr verschieden und fleckig: weisslich, gelblich, roth, braun bis schwarz. Im Mittel 50—70 Al_2O_3, 3—25 Fe_2O_3, 12—40 H_2O, 3—30 SiO_2, etwas TiO_2; die wasserarmen Varietäten verdanken dies einer Beimengung von Diaspor; geht durch seinen Fe- und gelegentlichen Mn-Gehalt in Eisenerze (Basalteisenstein) und Manganerze über. — Geht aus der Zersetzung thonerdehaltiger Gesteine wie Granit, Gneiss, Diabas, Diorit, Basalt hervor und bildet den wesentlichen Bestandtheil des für die Tropen charakteristischen, in situ befindlichen Verwitterungsbodens, des Laterits. In reinerer nutzbarer Form bildet er

sich namentlich bei der Verwitterung mancher Basalte (Vogelsgebirge, Westerwald, Irland etc.) oder er kommt in unregelmässigen, z. Th. concretionären Lagern vor, in Höhlungen und zwischen Kalksteinen, Dolomiten, Thonen (südliches Frankreich im Gebiet der unteren Rhone, Alabama, Georgia). — Wird technisch sehr wichtig für die Darstellung von Thonerdeverbindungen und Aluminium und ist geologisch insofern interessant, als die Lateritbildung der Tropen (Verwitterung der Silicatgesteine zu kieselfreier Thonerde) im Gegensatz steht zu der kaolinischen, d. h. Thonerdesilicat-liefernden Gesteinszersetzung ausserhalb der Tropen.

Sassolin. Borsäure. $B_2O_3, 3H_2O$ (= BH_3O_3) mit 56,5 B_2O_3. Triklin, in weissen perlmutterglänzenden Blättchen. H. = 1, G. = 1,45, fettig anzufühlen. Fumarolen der Insel Vulcano; Absätze heisser Quellen bei Sasso in Toscana, und aus Soffionen bei Volterra und Massa marittima.

Göthit. Pyrrhosiderit. Nadeleisenerz. Fe_2O_3, H_2O.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,9163 : 1 : 0,6008$ (Groth). — XX durchweg klein, entweder prismatisch, nadel- und haarförmig nach der Verticalaxe oder dünntafelig, in Blättchen und Schuppen nach $(010)\infty P\breve{\infty}$. Die gewöhnlichsten Formen sind: $m = (110)\infty P$ mit 94° 53′, $d = (210)\infty P\bar{2}$, $b = (010)\infty P\breve{\infty}$, $e = (011)P\breve{\infty}$, $a = (100)\infty P\bar{\infty}$, $x = (401)4P\bar{\infty}$, $p = (111)P$, $s = (212)P\bar{2}$. — In blätterigen, schuppigen und faserigen Aggregaten, derb und dicht.

$(010)\infty P\breve{\infty}$ vollk. H. = 5—5½, G. = 3,8—4,3. Unvollkommner Diamantgl. Nelken- bis schwärzlichbraun; auch rothbraun. Dünne Blättchen hyacinthroth durchscheinend. Str. rothbraun bis rostbraun.

89,9 Fe_2O_3 mit 63 Fe, gewöhnlich etwas SiO_2 und Mn. Schmilzt nur an den Kanten und wird magnetisch, verliert im Kölbchen Wasser und färbt sich roth. Schwer in Salz-, leicht in Salpetersäure löslich.

Am Ausgehenden von Gängen, in Verbindung mit Brauneisenstein und Rotheisenstein neben Manganerzen. Eiserfeld, Hollerter Zug im Siegenschen, Iberg am Harz, Obernkirchen, Zwickau, Přibram, Hüttenberg, Clifton bei Bristol; Botallack und Lostwithiel in Cornwall (hier XX von Nadeleisen), Oberer See, Californien, Oregon.

Man unterscheidet folgende Abänderungen:

1. Nadeleisenstein, haar- und nadelförmig, oft radial gruppirt. Feinfaserige, ockergelbe bis kastanienbraune Kugeln mit sammetartiger Oberfläche und seidenartigem Bruch heissen Sammetblende oder Přibramit (Přibram). Onegit oder Fullonit sind in Quarzgeröllen der Wolfsinsel im Onegasee eingewachsene XX genannt.

2. Rubinglimmer, Göthit. Blättchen und Schüppchen nach $(010)\infty P\breve{\infty}$ mit Diamantgl.; röthlichbraun bis schwarz, oft hyacinthroth durchscheinend. H. = 5. Eiserfeld und Hollerter Zug bei Siegen. Westerwald, Raschau in Sachsen, Nadabula in Ungarn. — Die mikroskopischen, lichtroth färbenden Einlagerungen im Aventurinfeldspath, Carnallit, Heulandit bestehen in der Hauptsache aus Rubinglimmer.

3. Lepidokrokit, derbe rothbraune Stücke mit schuppig faseriger Structur und schimmerndem Br. Siegen, Cornwall.

4. Derber und dichter Göthit; wachsartig glänzend, innen matt, muschliger Br., oft stalaktitisch und in Pseudomorphosen nach Pyrit.
Bei grösserer Verbreitung zur Eisengewinnung verwendet.

Brauneisenerz. Brauneisenstein. Limonit. $2Fe_2O_3, 3H_2O$.

Nur in mikro- bis kryptokrystallinen Aggregaten bekannt, vielleicht rhombisch. — Entweder glaskopfartig und stalaktitisch mit deutlich faseriger Structur, häufiger noch oolithisch und pisolithisch (echte Bohnerze) mit concentrisch schaliger Structur oder dicht, derb, erdig, ockerig, in unregelmässigen Massen, Klumpen und Krusten; in Concretionen, Geoden und abgerollt (falsche Bohnerze). Häufig pseudomorph nach den verschiedensten Mineralien und als Versteinerungsmittel.

Physikalische Eigenschaften in Folge der mannichfachen Structur und der häufigen Verunreinigung verschiedenartig. Br. muschlig bis erdig. H. = 1—5 $^1/_2$, G. = 3,4—4. Zuweilen seidenartig, auch halbmetallischer Gl., undurchs., braun in allen Tönen, braunroth, schwarz und ockergelb. Str. stets rostbraun.

85,6 Fe_2O_3 mit 60 Fe, entspricht jedoch kaum je ganz der Formel, sondern es findet sich durchweg ein grösserer oder geringerer Gehalt an Kiesel- und Phosphorsäure, an Mangan und Thonerde. Wasserärmere Limonite, den Uebergang zu Rotheisen bildend, sind, wenn faserig und glaskopfartig Hydrohämatit (Vogtland, Westerwald), wenn derb Turjit (Turjinskische Gruben am Ural) genannt. — Giebt im Kölbchen Wasser und verhält sich v. d. L. wie Göthit.

Eins der 4 wichtigen, durch intensive und extensive Verbreitung ausgezeichneten Eisenerze; wegen des häufigen Phosphorgehaltes besonders für den Thomasprocess geeignet. — Vorkommen. 1. Auf primären, meist oolithisch struirten Flötzen (Minette Luxemburgs etc.) oder secundär auf durch Zusammenschwemmung entstandenen Trümmerlagerstätten, z. B. Peine. 2. Auf metasomatischen Lagern innerhalb von Kalksteinen und Dolomiten, z. B. Oberschlesien. 3. Als Bildung des eisernen Hutes auf Gängen und Lagern; aus der Verwitterung von Pyrit (zahlreiche Gänge, Kieslager von Huelva), von Rotheisenstein (Elbingerode), von Eisenspath (Iberg im Oberharz) etc. hervorgegangen. Entsteht auch bei der Verwitterung Fe-haltiger Eruptivgesteine, wie z. B. die Basalteisensteine. 4. In Form von regelmässigen und unregelmässigen Concretionen in Sanden (Raseneisenstein) und Thon (Thoneisenstein z. Th.). 5. Als Quell- und Sinterbildung: Brauner Glaskopf, Bohnerz, Ocker. 6. Als anorganisches, durch Verwitterung gebildetes Pigment vieler Mineralien, Gesteine und des Ackerbodens.

Man kann eine Reihe Abarten unterscheiden:

1. Brauner Glaskopf. Faserig mit muschligem, seiden- bis wachsglänzendem Br. und glänzend glatter, gewöhnlich tief schwarzer Oberfläche. Sonst braun, auch wohl bunt angelaufen. In nieren-, traubenförmigen und stalaktitischen Massen als Ausfüllung von Hohlräumen, Gangdrusen und Geoden. Siegen, Lautenthal, Schneeberg, Hüttenberg etc. Hierher auch der bei Ilmenau in goldgelben bis braunrothen radialfaserigen Partien auftretende Xanthosiderit, dessen Formel früher als $Fe_2O_3, 2H_2O$ angegeben wurde.

2. Stilpnosiderit (Eisenpecherz). Derb; auf dem flachmuschligen Br. pech- oder opalglänzend in Folge einer wesentlichen Beimengung von Kiesel- oder Phosphorsäure. Dunkelbraun bis schwarz. Siegen u. a. O. Hierher gehört auch der meist etwas hellere, vielfach löcherige und knollige Raseneisenstein aus den Niederungs- und Marschländereien, der besonders reich an Phosphorsäure ist; ferner das leberbraune bis schwarze, Cu_2O-haltige Kupferpecherz, das aus Verwitterung von Kupferkies etc. hervorgeht.

3. Gemeiner Brauneisenstein. Derb, mit mattem oder nur wenig schimmerndem Br. Vielfach mit oolithischer Structur: Eisenoolith (hierher die wichtigsten Jura-Eisenerze Mitteleuropas, Minette in Lothringen, Luxemburg etc.); ferner die Bohnerze z. B. von Kandern. Sphäroidische Stücke heissen Eisenniere, wenn hohl, Adler- oder Klapperstein. Oft reich an Thon (thoniger Brauneisenstein). In Pseudomorphosen nach Spatheisen und Pyrit; solche nach Arsenkies sind Crucilith oder Crucit genannt.

4. Erdiger Brauneisenstein (Brauneisenocker). Erdiger Br., zerreiblich, abfärbend; gewöhnlich lichter gelb und daher auch Gelbeisenstein genannt. Meist sehr stark verunreinigt, mit Thon (Hypoxanthit, Terra di Siena), mit etwas SiO_2 (cyprische Umbra), mit CuO (Kupferbraun). Auch das aus den Seen Skandinaviens sich niederschlagende Seeerz ist erdig. Ortstein ist ein mehr oder minder durch Limonit verfestigter Sand.

Hieran schliessen sich einige seltene, nach Selbständigkeit und Formel noch nicht sicher gestellte Mineralien:

Winklerit, ein Hydroxyd von Co und Ni, vielleicht von der Constitution des Xanthosiderits; dunkelblau, derb. Almeria in Spanien.

Heterogenit, wesentlich Kobalthydroxyd, amorph, traubig und derb. Schwarz bis röthlichbraun; wahrscheinlich Verwitterungsproduct des Speiskobalts. Schneeberg in Sachsen.

Manganit. Braunmanganerz. Mn_2O_3, H_2O.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,8441 : 1 : 0,5448$ (Haidinger). — XX (Ilfeld am Harz) in schönen Drusen und Gruppen, entweder lang prismatisch, stark vertical gestreift und flächenarm oder kurz prismatisch, flächenreich und gern zu knieförmigen Zw. verbunden. Vorherrschend zahlreiche Verticalprismen, die die charakteristische Verticalstreifung hervorbringen, als Endbegrenzung vielfach nur die quergestreifte oder löcherige Basis (als Folge des Aufbaus aus Subindividuen) oder eine Reihe tautozonaler, nur durch ungleiche Abschnitte auf der b-Axe verschiedener Bipyramiden. $m = (110)\infty P$ mit 99° 40′, $u = (101)\bar{P}\bar{\infty}$, $c = (001)oP$, $d = (210)\infty\bar{P}\bar{2}$, $k = (230)\infty\breve{P}\breve{3/2}$, $l = (120)\infty\breve{P}\breve{2}$, $b = (010)\infty\breve{P}\breve{\infty}$,

$p = (111)P$, $g = (313)P\bar{3}$, $n = (121)2P\breve{2}$, $s = (212)P\bar{2}$, $e = (011)P\breve{\infty}$, $f = (021)2P\breve{\infty}$. Zw. nach $e = (011)P\breve{\infty}$, sehr verbreitet an kurzprismatischen XX und knieförmig an einander stossend (Fig. 386), selten an

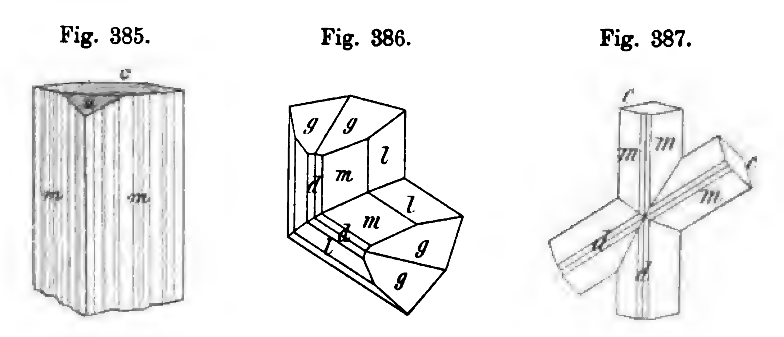


Fig. 385. Fig. 386. Fig. 387.

langprismatischen XX, die sich dann unter 122° 50′ durchdringen (Fig. 387). — Strahlige und stenglige, oft radial oder wirr angeordnete Aggregate und Bündel, selten körnig.

$(010)\infty P\breve{\infty}$ vollk., $(110)\infty P$ weniger vollk.; Br. uneben; spröd. H. = 3½—4, G. = 4,3—4,4. Unvollk. Mgl. Eisenschwarz mit deutlichem Stich ins Braune oder braunschwarz. Str. braun.

89,8 Mn_2O_3, 10,2 H_2O. Das Wasser entweicht erst über 200°. — V. d. L. in der Boraxperle Mn-Reaction. In concentrirter Salzsäure unter Cl-Entwicklung löslich.

Besonders schön auf Gängen des Porphyrits von Ilfeld, aber selten in ganz frischem Zustand. Elgersburg und Oehrenstock bei Ilmenau. Undenäs in Schweden, Christiansand in Norwegen. Cornwall.

Ist sehr geneigt in Pyrolusit, der in der Hauptsache von Manganit herrührt, überzugehen (Varvicit ein solches Zwischenmineral), sodass frische Manganitkrystalle relativ selten sind; dabei ändern sich Glanz, Farbe, Strich und Härte. Derartige Umwandlungsproducte ähneln wohl strahligem Bleiglanz und Antimonit. Findet als Braunstein Verwendung.

Neukirchit, nadelförmig, ist vielleicht eine isomorphe Mischung von Manganit und Göthit. Neukirchen im Elsass, auf Rotheisen.

Chalkophanit ist ein Verwitterungsproduct des Franklinits von New-Jersey, enthält neben Manganhydroxyd noch grössere Mengen Zn. Rhomboedrisch, bildet Drusen sehr kleiner tafeliger XX mit basischer # oder stalaktitische Aggregate. H. = 2½, G. = 3,9. Mgl., bläulichschwarz mit braunem Str. — Färbt sich v. d. L. bronze- bis kupferfarben.

IV. Klasse. Haloidsalze.

Zu dieser Klasse gehören die Chlor-, Jod-, Brom- oder Fluor-Verbindungen der Elemente, ausserdem sind hier (cfr. 3. Abth.) noch eine Anzahl Mineralien eingereiht, deren Constitution als Verbindung von Haloidsalzen mit Oxyden und Oxysalzen zu deuten ist. Metallischer Habitus fehlt ganz allgemein; die meisten sind farblos oder zufällig gefärbt; geringe Härte zeichnet fast sämmtliche, Löslichkeit in Wasser viele aus. Nach Vorkommen und Entstehung sind viele secundäre Mineralien, andere Sublimationsproducte der Vulkane oder Auskrystallisationen des Meeres resp. salinischer Gewässer.

1. Abtheilung. **Einfache Chloride etc.**

Steinsalzgruppe.

Haloidsalze der einwerthigen Metalle K, Na und Ag mit Einschluss von NH_4 Dimorph: regulär, plagiedrisch-hemiedrisch und hexagonal. Mit Ausnahme des Jodsilbers AgJ, das in reiner Form hexagonal und in isomorpher Mischung regulär krystallisirt, ist jedoch nur die reguläre Reihe bekannt.

a) Reguläre Reihe.

Sylvin. Chlorkalium. KCl.

Regulär, plagiedrisch-hemiedrisch. — XX auf Drusen, (*100*)∞O∞ häufig in Combination mit (*111*)*O*. — Körnig-späthige, selten stenglige Aggregate.

(*100*)∞O∞ vollk., Br. muschlig. H. = 2, G. = 1,9—2. Farblos und gefärbt. Glasgl., durchs. oder trübe. $n = 1{,}4903$ Na; diatherman; wenn chemisch rein, nicht zerfliesslich; unangenehm bitter schmeckend.

52,46 K, 47,54 Cl; gewöhnlich etwas Na enthaltend und mit dem hygroskopischen $MgCl_2$ gemengt. Färbt die Löthrohrflamme violett, verflüchtigt sich in der Glühhitze; sehr leicht löslich in Wasser.

Früher nur als gelegentlich vorkommendes vulkanisches Sublimationsproduct (Vesuv etc.) bekannt; in den letzten Jahrzehnten aber in grösster Menge in den Kalisalzlagerstätten Norddeutschlands (s. Anhang) aufgeschlossen und bergmännisch gewonnen. Neben Kainit das geschätzteste der Kalisalze, da es ohne weitere Behandlung direct vermahlen werden kann. Findet sich theils linsen- und lagerartig und eingesprengt inner-

halb des sogen. jüngeren Steinsalzes (Provinz Hannover), theils als secundäres Umwandlungsproduct des Carnallits an Stelle der Carnallitregion im älteren Steinsalz (Stassfurt). — In untergeordnetem, wirthschaftlich bedeutungslosem Maasse auch bei Kalusz in Galizien und in den Mayo-Gruben der indischen Salt-Range.

Was im Handel als Sylvin bezeichnet wird, ist meist Steinsalz, gemengt mit 20—90% KCl; an Sylvin ärmere Gemenge heissen Sylvinit.

Steinsalz. Kochsalz. Chlornatrium. Halit. NaCl.

Regulär, wahrscheinlich plagiedrisch-hemiedrisch. — XX aufgewachsen auf Drusen und Klüften, seltener eingewachsen in Thon, Anhydrit, Kainit etc.; fast nur in Würfeln, ganz selten in Combination mit (*111*)*O* bezw. (*110*)∞*O* oder wie bei Starunia in Galizien mit (*210*)∞*O2*. Künstliche XX bilden treppenartig nach innen einfallende Würfelskelete. — Derb und eingesprengt in körnigen und faserigen Aggregaten; zuweilen auch haarförmige Ausblühungen und in Stalaktiten. Pseudomorphosen von Gyps und Thon nach Steinsalz.

(*100*)∞*O*∞ vollk., Schlagfigur und Gleitfläche parallel (*110*)∞*O*, daher auf manchen Steinsalzlagerstätten anscheinend dodekaedrische Spaltungsstücke. Br. muschlig, etwas spröd. H. = 2, G. = 2,1—2,2. Farblos oder mannichfach gefärbt: roth und gelb durch Eisenoxyde, blau durch Kohlenwasserstoff, grau durch Bitumen, Anhydrit oder Thon; zuweilen auch grünlich. Glasgl.; ins Feuchte, wenn wie häufig Spuren zerfliesslicher Salze zugegen sind. $n = 1{,}5442$ Na. Leicht löslich in Wasser (1 : 2,8), die gesättigte Soole enthält bei 12^{oc} 35,91% NaCl. Durch Aetzung mit Wasser entstehen auf den Würfelflächen treppenartige Eindrücke, entsprechend den Flächen eines Tetrakishexaeders. Stark diatherman.

60,60 Na, 39,40 Cl; nicht selten mit Beimischung von $CaCl_2$, $MgCl_2$ und gemengt mit Gyps, Anhydrit, Thon, Bitumen, welch' letztere beim Auflösen in Wasser zurückbleiben. Eingeschlossene Gase entweichen dabei mit Knistern (Knistersalz, z. B. von Wieliczka). Färbt die Löthrohrflamme gelb; verflüchtigt sich in der Glühhitze.

Wirthschaftlich überaus wichtiges Mineral, Verwendung ausser im Haushalt des Menschen zu zahlreichen technischen Zwecken. Vorkommen: 1. Auf besonderen Steinsalzlagerstätten, entweder selbständig in Verknüpfung mit Anhydrit, Gyps und Abraumsalzen oder gemengt mit Thon (Haselgebirge) in allen geologischen Formationen, z. B. im Zechstein Nord- und Mitteldeutschlands, im Muschelkalk Württembergs (Friedrichshall, Heilbronn, Jagstfeld etc.), im Keuper der Ostalpen (Salzkammergut, Hall, Hallein, Ischl, Aussee), im Jura Lothringens (Vic), im Tertiär der Karpathen (Galizien und Siebenbürgen). Näheres cfr. im Anhang unter

Steinsalzlagerstätten. Bemerkenswerth der über Tag aufragende Steinsalzberg von Cardona im nordöstlichen Spanien. — 2. Als Steppensalz durch Ausblühung des Bodens von Steppen und Wüsten und am Rande von Salzseen. Kaspi, Nordafrika, Nord- und Südamerika. — 3. Sublimationsproduct der Vulkane (kalihaltig). — 4. Gelöst im Meer (3,4—3,7%), in salzigen Binnenseen (Elton-See, Todtes Meer, Salt-Lake in Utah etc.) und salinischen Wässern.

Huantayit, ein 3—5% AgCl haltendes Steinsalz, in kleinen, wasserklaren Würfeln und rindenartig auf ockerigem Gestein mit Chlorsilber, Embolit, Atakamit; zersetzt sich mit Wasser unter Abscheidung von AgCl (daher Lechedor, milchgebend, genannt). Huantaya in Peru.

Salmiak. Chlorammonium. NH_4Cl.

Regulär, plagiedrisch-hemiedrisch. — Gewöhnlich nur *(111)O* oder *(311)3O3*; letztere Form oft gestreckt und daher tetragonalen oder rhomboedrischen Combinationen ähnlich. Künstliche XX zeigen neben *(211)2O2* noch plagiedrische Ausbildung eines 48-Flächners, wahrscheinlich *(875)* $^{8}/_{5}O^{8}/_{7}$. — In Krusten, traubig, stalaktitisch, faserig, erdig und mehlig.

(111)O unvollk., Br. muschlig, sehr mild; zäh. H. = 1½—2, G. = 1,5—1,6. Farblos, gelb und braun durch Fe_2Cl_6. Stechend salziger Geschmack.

66,26 Cl; leicht löslich in Wasser, verflüchtigt sich leicht und vollständig; mit Soda Entwicklung von Ammoniak.

Sublimationsproduct von Vulkanen, wie am Vesuv und Aetna und auf brennenden Kohlenhalden und Flötzen, z. B. Duttweiler, Oberhausen bei Ruhrort, Hainichen in Sachsen. Zuweilen auf Braunkohle.

Hornsilber. Silberhornerz. Chlorsilber. Kerargyrit. AgCl.

Regulär. — XX klein, meist reihenweise gruppirt, *(100)∞O∞*, seltener *(111)O* und *(110)∞O*. — Derb und eingesprengt, in Rinden und Drusenhäuten, als Ueberzug, Anflug, auch stalaktitisch und dendritisch.

fehlt, Br. muschlig; geschmeidig. H. = 1—1½, G. = 5,5—5,6. Perlgrau, grünlich, gelblich, bläulich und schwarz. Diamantartiger Fettgl., angelaufen matt. Durchscheinend; gerieben und im Str. glänzend.

75,27 Ag; vielfach mit anderweitigen Zersetzungsproducten gemengt. — Schmilzt unter Aufsieden zu einer grauen, braunen oder schwarzen Perle und reducirt sich leicht zu Ag. Säuren fast ohne Wirkung, dagegen allmählich in Ammoniak löslich.

Wichtiges Silbererz! In oberen Teufen (im eisernen Hut) von Silbererzgängen als Umwandlungsmineral, daher an älteren Fundstellen heute nicht mehr vorhanden. Freiberg, Johann-Georgenstadt. Kongsberg.

Schlangenberg. Vielorts in den mittel- und südamerikanischen Anden, Brokenhill in Neu-Südwales. Stellenweise als Imprägnation von Sandstein: Silbersandstein von Utah.

Bromsilber. Bromargyrit. Bromit. AgBr.

Regulär. — XX und Aggregate wie beim Hornsilber; *(100)∞O∞*, *(111)O*, *(110)∞O*.

Geschmeidig. H. = 1—2, G. = 5,8—6. Olivengrün bis gelb, öfters in Glanz und Farbe bernsteinartig; läuft grau an. Gerieben und im Str. fettglänzend. Str. zeisiggrün.

Reines Bromsilber mit 57,44 Ag und 22,56 Br kommt kaum vor, fast stets findet es sich in isomorpher Mischung mit Chlorsilber. Derartige Mischungen sind wohl mit besonderen Namen belegt, wie Megabromit 5AgBr + 4AgCl mit 26 Br und 9 Cl, Embolit 2AgBr + 3AgCl mit 20 Br und 13 Cl und Mikrobromit AgBr + 3AgCl mit 13 Br und 17 Cl. In derben Partien meist mechanisch gemengt mit anderen Verwitterungsproducten. — Abgesehen vom Bromgehalt Verhalten v. d. L. und gegen Lösungsmittel wie beim Chlorsilber.

Mineral des eisernen Hutes von Silbererzgängen, lokal bergmännisch wichtig. Nicht selten in Mexico, wie zu San Onofre im District Plateros und in Chile, z. B. Chañarcillo.

Jodobromit. Ag(ClBrJ). Regulär. Isomorphe Mischung des Jodsilbers mit Chlor- und Bromsilber und die Dimorphie des ersteren beweisend; das reine Jodsilber kommt regulär nicht vor, sondern nur hexagonal. 1—2 mm grosse XX: (111)O bezw. (111)O, (100)∞O∞. Schwefelgelb bis olivengrün. In Höhlungen eisenschüssigen Quarzits von Grube Schöne Aussicht bei Dernbach in Nassau.

b) **Hexagonale Reihe.**

Jodsilber (Jodit). AgJ. Hexagonal (hemimorph). (10$\bar{1}$0)∞P, (10$\bar{1}$1)P, (0001)oP, an Mimetesit erinnernd. Gewöhnlich in dünnen biegsamen Blättchen und Platten, auch derb und eingesprengt, blätterig; # (0001)oP deutlich; mild. H. = 1 bis 1½, G. = 5,707. Perlgrau, gelb bis citronengelb. Fettgl., glänzender Str.; durchschein. — 45,97 Ag; schmilzt leicht und geht bei 146° in die reguläre rothe Modification über. — Grube Schöne Aussicht bei Dernbach. Mazapil in Mexico, Arqueros und Chañarcillo. Guadalajara in Spanien. Auch künstlich.

Der vorstehenden Gruppe stehen chemisch nahe:

Quecksilberhornerz (Chlorquecksilber, Kalomel). Hg_2Cl_2. Tetragonal, holoedrisch. a : c = 1 : 1,7229. — In kleinen XX und krustenartig. XX prismatisch mit pyramidaler oder basaler Endigung; ausserdem nicht selten noch verschiedene Bipyramiden. # (100)∞P∞ und (111)P; mild. H. = 1—2, G. = 6,4—6,5. Graulich und gelblichweiss, auch gelblichgrau. Diamantgl. 84,96 Hg. Sublimirt, giebt mit Soda metallisches Hg. Löslich in Königswasser, dagegen nicht oder nur theilweise in Salz- resp. Salpetersäure. — Moschellandsberg, Hořowitz in Böhmen, Idria, Almaden, El Doctor in Mexico. — Coccinit, scharlachroth, von einigen Punkten Mexicos, soll Jodquecksilber sein.

Cotunnit. $PbCl_2$. Rhombisch. Kleine weisse nadelige XX. (110)∞P (ca. 118°). — Scheinbar geflossene Partien. # (110)∞P vollk., H. = 2, G. = 5,238. Diamantgl., leicht schmelzbar. Fumarolenproduct des Vesuvs.

Nantokit. Cu_2Cl_2. Regulär, tetraedr.-hemiedrisch. Das natürliche Mineral findet sich derb und eingesprengt. H. = 2—2½, G. = 3,93. Wasserhell und weiss. An der Luft in Atakamit übergehend. Nantoko in Chile. — Eriochalcit und Melanothallit sind Hydrate des Kupferchlorürs, letzteres wahrscheinlich ein basisches Salz; beide vom Vesuv.

Marshit. Cu_2J_2, bildet kleine reguläre Tetraeder von ölbrauner Farbe am Ausgehenden der Silbererzgänge von Broken Hill in Neu-Südwales.

Chloride und Fluoride von Ca, Mg und Al.

Flussspath. Fluss. Fluorit. CaF_2.

Regulär, holoedrisch. — Ausgezeichnet krystallisirt (Derbyshire, Cumberland, Kongsberg etc.). XX meist aufgewachsen, nicht selten verzerrt. Am häufigsten *(100)∞O∞* für sich oder in Combination mit *(111)O* und *(110)∞O*. Auch *(111)O* tritt allein auf, seltener *(110)∞O*. Ferner finden sich, wiederum zumeist in Combination mit dem Würfel, verschiedene Ikositetraeder z. B. *(211)2O2* und *(311)3O3*, Pyramidenwürfel z. B. *(310)∞O3* und namentlich auch Hexakisoktaeder, z. B. *(421)4O2*. Die Flächen des Würfels sind gewöhnlich glänzend glatt, die des Oktaeders rauh und matt; häufig auch erscheinen diese Formen wie aufgebaut (parquettirt) aus würfeligen Subindividuen. Zw. nach *(111)O* nicht selten, gewöhnlich als einander durchdringende Würfel (Fig. 390). —

Fig. 388.

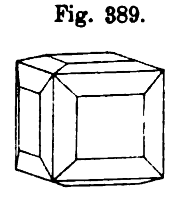


Fig. 389.

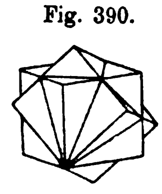


Fig. 390.

Derb, in grobkrystallinischen bis völlig dichten, chalcedonartigen Aggregaten; selten stenglig und erdig. Pseudomorphosen vereinzelt.

(111)O vollk.; der selten wahrnehmbare Br. muschlig, spröd. H. = 4, G. = 3,1—3,2. Farblos, aber meist in überaus mannichfacher Weise gefärbt (durch Kohlenwasserstoff, daher beim Erhitzen entfärbt), selbst am selben XX verschiedenartig; namentlich violett, grün und honiggelb. Durchs. Feuchter Glasgl.; $n = 1{,}435$; erhitzt phosphorescirend; die schönen blauen XX aus Cumberland zeigen die Fluorescenz besonders deutlich.

51,15 Ca, 48,85 F. — V. d. L. verknisternd und phosphorescirend; selbst in Splittern schwer schmelzbar; schmilzt mit Gyps zu einer in der

Hitze klaren, in der Kälte trüben Perle zusammen. Mit Schwefelsäure entweicht glasätzende Flusssäure.

Charakteristisches Gangmineral! Zuweilen vorherrschend, wie zu Stolberg am Harz, Liebenstein im Thüringerwald, Wölsendorf in Bayern (hier der dunkelviolette, beim Anschlagen Kohlenwasserstoff abgebende Stinkfluss). Schöne XX auf den Zinnerzgängen Sachsens, Böhmens und Cornwalls; auf Silbererzgängen bei St. Andreasberg, Freiberg, im Schwarzwald, Kongsberg; auf den Bleiglanzlagerstätten von Cumberland (violette XX), von Derbyshire (grüne XX). Ausserdem auf Klüften und Hohlräumen im Quarzporphyr, in Tuffen Campaniens, in krystallinischen Schiefern am St. Gotthard, im körnigen Kalk zu Wunsiedel, Pargas; als Einsprengung in topasirten Quarzporphyren.

Aehnliche Mineralien: Baryt, Apatit, Orthoklas. — Verwendung als Flussmittel bei Hüttenprocessen; in der Glasfabrication; der von Derbyshire auch zu geschliffenen Sachen. — Chlorophan sind phosphorescirende Fluorite, besonders die von Nertschinsk, Ratofkit der mit Mergel etc. verunreinigte Flussspath vom Bache Ratofka, Gouv. Moskau genannt worden.

Chlorocalcit (Chlorcalcium). $CaCl_2$. Regulär. Vom Vesuv. — Chloromagnesit ist das entsprechende Mg-Chlorid $MgCl_2$. — Scacchit ist $MnCl_2$. Beides Vesuv-Mineralien.

Sellait. MgF_2. Tetragonal. Farblos, glasgl., durchschein. H. = 5, G. = 2,972. Im Anhydrit von Gerbulaz bei Moutiers in Savoyen.

Bischofit. $MgCl_2.6H_2O$. Wahrscheinlich hexagonal. Körnig, blätterig, zuweilen faserig. H. = $1^1/_2$—2, G. = 1,65, Weiss; sehr zerfliesslich. Als secundäres Mineral in der Carnallitregion von Stassfurt, entsteht bei der Auflösung von Carnallit.

Molysit (Eisenchlorid). $FeCl_3$. Hexagonal. Als Ueberzug und eingesprengt. Gelb bis braun. Fumarolenmineral des Vesuvs. — Lawrencit ist ein Ni-haltiges Eisenchlorid aus meteorischem Eisen.

Tysonit. $(CeLaDi)F_3$. Hexagonal. # (001)oP. H. = $4^1/_2$—5, G. = 6,13. Hellwachsgelb bis rothbraun; Glasgl. bis Harzgl. Aus der Pike's Peak-Region; zumeist in Bastnäsit umgewandelt.

Fluellit. $AlF_3.H_2O$. Rhombisch. Kleine spitze Bipyramiden (111)P, (001)oP. H. = 3, G. = 2,17. Weiss. Durchs. bis durchschein. Sehr selten; früher bei Stenna Gwyn in Cornwall mit Uranglimmer und Wavellit auf Quarz.

2. Abtheilung. Doppel-Chloride und Fluoride.

Kryolith. $3NaF.AlF_3$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0,9662 : 1 : 1,3883$. $\beta = 90^\circ 11'$ (Krenner). — Der würfelige Habitus der früher auch als rhombisch und triklin angesehenen XX wird durch *(110)*∞P mit 91° 58′ und *(001)oP* bedingt, wonach auch #. Daneben oft nach *(011)*$P\bar{\infty}$ und *(101)*$P\bar{\infty}$. Auf *(110)*∞P dreifache Streifung, polygonale Zeichnungen erzeugend. Zw. nach *(110)*∞P, wobei *(001)oP* unter 179° 44′ geknickt erscheint, auch mit

lamellarer Wiederholung; ferner nach *(112)* $-\frac{1}{2}P$ und *(001)oP*. — Derbe Aggregate, an deren Oberfläche die Krystallenden flach (parquetartig) hervorragen, umschliessen Quarz, Spatheisen, Pyrit, Bleiglanz, Kupferkies, Columbit, Zinnstein.

(001)oP sehr vollk., *(110)∞P* vollk., *(101)P∞̄* deutlich; daher auch späthiger Br.; spröde. H. = 2½–3, G. = 2,95–2,97. Schneeweiss, auch röthlich, bräunlich, selbst schwarz. Auf *(001)oP* Perlmgl., sonst eigenthümlich feuchter Glasgl. Durchscheinend.

32,79 Na, 12,85 Al, 54,36 F. Schmilzt sehr leicht und hinterlässt eine weisse Kruste; in der offenen Glasröhre geglüht, entwickelt sich glasätzender FH. Löst sich vollständig in concentrirter Schwefel-, nur theilweise in Salzsäure. Wird durch Aetzkalk zersetzt, worauf die Verarbeitung beruht.

Fast nur ein einziges Vorkommen, hier aber in grösster Menge: gangartig in zinnsteinführendem Granit bei Evigtok am Arksutfjord in Westgrönland, vereinzelt auf Gängen von Miask und am Pike's Peak.

Aehnliche Mineralien: Anhydrit und Schwerspath. — Verwendung zur Aluminium- und Sodafabrikation, auch für porcellanartiges Glas.

Elpasiolith, regulär, soll ähnlich wie Kryolith zusammengesetzt, aber wesentlich kalihaltig sein. Aus Höhlungen im Pachnolith von Pike's Peak.

Chiolith. $5NaF.3AlF_3$ mit 17,75 Al und 24,85 Na. Tetragonal. Kleine pyramidale, meist nach (111)P verzwillingte X X; gewöhnlich derb in feinkörnigen Aggregaten. # (111)P ziemlich vollk. H. = 4, G. = 2,84–2,9. Weiss, glasglänzend. Noch leichter schmelzbar als Kryolith; Miask. — Chodnewit, Nipholith, Arksutit sind durch Beimengungen, hauptsächlich durch Kryolith, verunreinigter Chiolith.

Prosopit. $Ca(F.OH)_2.Al_2(F.OH)_6$. Monoklin. $\beta = 93^\circ 52'$. (110)∞P mit $76^\circ 15'$, (010)∞P∞̄ (oft vorwaltend), $(\bar{1}11)$P. Auch in körnigen Aggregaten. H. = 4½, G. = 2,894. Farblos, glasglänzend, durchs. In Gesellschaft von Zinnstein, Fluss- und Eisenspath früher von Altenberg, gewöhnlich in Kaolin oder Flussspath umgewandelt; neuerdings auf Quarzgängen in der Pike's Peak-Region. — Gearksutit (Evigtokit), in kaolinähnlichen Aggregaten von Evigtok, kann als Hydrat der Prosopitsubstanz aufgefasst werden. — Der farblose bis gelblichweisse reguläre Ralstonit ist ein ähnliches Hydrat, das aber Na und Mg statt Ca enthält. Evigtok.

Pachnolith und Thomsenolith haben gleiche Zusammensetzung $AlF_3.NaF.CaF_2.H_2O$, sind beide monoklin ($\beta = 90^\circ 20'$ resp. $93^\circ 12'$) und auch sonst äusserlich und in ihrem Vorkommen ähnlich. Sie bilden dünne Prismen oder grobkrystallinische bis feinkörnige und chalcedonartige, farblose Ueberzüge auf Kryolith, aus dem sie durch Wasser- und Kalkaufnahme hervorgegangen sind. Grönland und Pike's Peak-Region. — Hagemannit, ocker- bis wachsgelbe Nester im Kryolith bildend, ist durch kieseliges Brauneisen verunreinigter Thomsenolith.

Yttrocerit. Wasserhaltige Verbindung der Fluoritsubstanz mit $(YErCe)F_3$, bildet kleinkörnige Aggregate und Ueberzüge. H. = 4–5. Violblau ins Graue und Weisse. Finbo und Broddbo bei Fahlun. Amity in New-York.

Hieratit. $2KF.SiF_4$. Sehr kleine Oktaeder. Fumarolen von Vulcano. — Kryptohalit ist die analoge, NH_4 statt K enthaltende Verbindung. Vesuv.

Carnallit. $KCl.MgCl_2.6H_2O$.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}5968:1:1{,}3891$ (DES CLOIZEAUX). — ✕✕ selten, mit hexagonalem Habitus. *(111)P* mit 107° 20′, *(021)2P*$\breve{\infty}$ mit 108° 27′, *(110)∞P* mit 118° 37′, *(010)∞P*$\breve{\infty}$ etc. — Eingesprengt in Steinsalz und Anhydrit, namentlich aber in selbständigen Schnüren und Schichten in Form grobkörniger Aggregrate.

Br. muschlig. H. = 1—2, G. = 1,60. Farblos, zumeist aber gefärbt, weisslich, gelblich, namentlich aber roth durch massenhaft eingemengte Schuppen von Eisenglanz, bezw. Göthit, durch die auch der charakteristische metallische Schimmer hervorgerufen wird. Glasgl., durch Wasseranziehung stumpf werdend; zerfliesslich.

26,8 KCl (mit 14 K), 34,2 $MgCl_2$, 39 H_2O; oft etwas K durch Na ersetzt. — V. d. L. leicht schmelzbar; in Wasser leicht löslich, wobei der Carnallit in Sylvin und $MgCl_2$ (resp. Bischofit) zerfällt.

Wichtigstes der primären Kalisalze auf den Lagerstätten nördlich des Harzes; schöne ✕✕ von Beienrode; bildet selbständig oder mit Steinsalz gemengt die oberste sogen. Carnallitregion; Hauptmaterial für die Verarbeitung. Auch bei Kalusz in Galizien. In Concretionen bei Maman in Persien.

Douglasit. $2KCl.FeCl_2.2H_2O$. Primäres Mineral der Kalisalzlagerstätten, aber nur in Spuren gefunden, da es sich zersetzt und bei Gegenwart von Magnesia in Fe_2O_3, KCl, $MgCl_2$ und H zerfällt, welcher letztere auf den Gruben oft eine monatelang währende Flamme liefert. Künstliche ✕✕ monoklin.

Erythrosiderit. $2KCl.FeCl_3.H_2O$. Roth, leicht zerfliesslich, Sublimationsproduct der Vesuv-Lava von 1872. — Kremersit bildet rothe, leicht zerfliessliche reguläre (?) Oktaeder, vom Krater des Vesuvs, unterscheidet sich vom vorigen Mineral dadurch, dass die Hälfte des K durch NH_4 ersetzt ist. — Pseudocotunnit. $2KCl.PbCl_2$. Vesuv.

Tachyhydrit. $2MgCl_2.CaCl_2.12H_2O$. Rhomboedrisch und rhomboedrisch spaltbar. Wachs- und honiggelb, schnell zerfliessend. Gehört zu den secundären Salzen der Kalisalzlagerstätten und bildet Knollen im Anhydrit.

3. Abtheilung. Chloride etc. in Verbindung mit Oxyden (Oxychloride etc.) und Oxysalzen [1].

Kainit. $KCl.MgSO_4.3H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 1{,}2186:1:0{,}5863$. $\beta = 94°\ 54'$ (GROTH). — ✕✕ selten, auf Drusenräumen derben Kainits, mit Habitus tafelig nach *(001)oP*, dazu *(111)—P*, *($\bar{1}$11)P*, *(010)∞P*$\breve{\infty}$ u. a. Fl. — Derb, in feinkörnigen Aggregaten.

(100)∞P$\bar{\infty}$ vollk., *(110)∞P* deutlich. H. = 2, G. = 2,5—3. Farb-

[1]) Ausschliesslich der Cl- und F-haltigen Phosphate und Silicate.

los, namentlich aber gelblich und grau; auch roth. Durchscheinend, schimmernde Bruchflächen der Aggregate. Nicht hygroskopisch.

30 KCl (mit 15,7 K), 48,3 $MgSO_4$, 21,7 H_2O, oft etwas KCl durch NaCl ersetzt und gewöhnlich mit grösseren Mengen von NaCl verwachsen. — Leicht löslich in Wasser, aber dadurch zersetzt; beim Wiederauskrystallisiren scheidet sich Pikromerit aus.

In selbständigen Schichten auf den Kalisalzlagerstätten nördlich des Harzes, wie auch bei Kalusz. Wichtiges und in bedeutendster Menge vorkommendes secundäres Salz, aus Carnallit hervorgegangen; primär im Hartsalz. Das Hartsalz der Kalibergleute ist ein verschieden zusammengesetztes Gemenge von Steinsalz mit Chloriden und namentlich mit Sulfaten von K und Mg, aber ohne $MgCl_2$, vielfach mit wesentlicher Betheiligung von Kainit.

Kommt in vermahlenem Zustand als Kalidünger in den Handel.

Sulfohalit. $NaCl.NaF.2Na_2SO_4$. Regulär. – Northupit. $NaCl.MgCO_3.Na_2CO_3$. Regulär. Beide Mineralien aus dem Boraxsee in San Bernardino Co., Californien.

Nocerin. $2(CaMg)F_2.(CaMg)O$, ausserdem noch Al, K und Na enthaltend. Hexagonale nadelige XX und faserig; weiss, seidenglänzend. Aus vulkanischen Bomben im Tuff von Nocera bei Neapel.

Fluocerit. $(CeLaDi)_2OF_4$ [$= 2(CeLaDi)_2F_6.(CeLaDi)_2O_3$]. Hexagonale Tafeln, in Platten und derb. Br. uneben bis splittrig. H. = 4—5, G. = 4,7. Licht ziegelroth bis gelblich; kantendurchschein. Aus Granitgängen von Broddbo und Finbo bei Fahlun. — Hydrofluocerit von demselben Fundort, wahrscheinlich nur wasserhaltiges Zersetzungsproduct des vorigen. — Bastnäsit (Hamartit) $(CeLa)_2F_6.(CeLa)_2O_3.3CO_2$ mit etwas Di. Hexagonale Prismen, derb, H. = 4—4½, G. = 4,93—5,18. Wachsgelb bis röthlichbraun, glas- bis harzglänzend. In kleinen Partien zwischen Allanit eingewachsen aus der Bastnäsgrube bei Riddarhyttan; in Feldspath von Pike's Peak in Colorado. — Parisit. $CaF_2.Ce_2O_3.3CO_2$; ein Drittel des Cers ist durch Di und La ersetzt. Hexagonal. ⋕ (001)oP sehr vollk. Br. kleinmuschlig. H. = 4—5, G. = 4,35. Bräunlichgelb; kantendurchschein. Smaragdgruben des Muzothals in Columbia. — Kischtimit aus den Kischtimskischen Goldseifen am Ural, mit vorwiegendem La, ohne Ca, aber etwas H_2O, wahrscheinlich aus Parisit umgewandelt.

Matlockit. $PbCl_2.PbO$. Tetragonal. Kleine, dünntafelige XX der Combination (001)oP.(111)P.(101)P∞. Br. uneben bis muschlig; H. = 2½, G. = 7,21. Gelblich oder grünlich; durchs. bis durchschein.; diamantglänzend. Aus Bleiglanz hervorgegangen. Cromford bei Matlock in Derbyshire. — Laurionit, rhombisch, enthält noch 1 Mol. H_2O, von Laurion; damit zusammen vorkommend der monokline Fiedlerit, ebenfalls ein Bleioxychlorid von noch nicht festgestellter Formel. — Der rhombische Caracolit von Caracoles in Chile enthält ausser der Laurionitsubstanz noch 2 Mol. Na_2SO_4. — Mendipit. $PbCl_2.2PbO$. Rhombisch; derb in strahligen Aggregaten. ⋕ (110)∞P sehr vollk., etwas spröd. H. = 2½—3, G. = 7,0—7,1. Weiss, ins Gelbe und Röthliche geneigt. Mendip-Hills; Grube Kunibert bei Brilon. — Schwartzembergit ist ein jodhaltiger Mendipit von gelber Farbe aus der Wüste Atacama.

Phosgenit (Bleihornerz, Kerasin). $PbCl_2.PbCO_3$ mit 51 PbCl. Tetragonal. XX kurzsäulig: (100)∞P∞.(001)oP.(110)∞P, untergeordnet (111)P; oder spitzpyramidal: (811)8P.(332)³/₂P.(001)oP. ⋕ (110)∞P und (100)∞P∞ vollk. Br. muschlig,

mild. H. = 2½—3, G. = 6—6,3. Fettiger Diamantgl., weiss, grau, gelb; durchs. bis durchschein. Geht aus Bleiglanz hervor. Cromford bei Matlock in Derbyshire; grosse XX zu Gibbas und Monte Poni auf Sardinien; in Pb-Carbonat umgewandelt bei Tarnowitz.

Nadorit. $PbCl_2.PbSb_2O_4$ mit 52,5 Pb. Rhombisch (110)∞P 132° 51′. Nach (100)∞P$\bar{\infty}$ tafelige und spaltbare XX von bräunlich bis graugelber Farbe; durchschein. Fett- bis Diamantgl. H. = 3, G. = 7,02. Auf der Galmeilagerstätte von Djebel Nador in der Provinz Constantine.

Ekdemit (Heliophyllit). $2PbCl_2.Pb_3As_2O_8$. Wahrscheinlich rhombisch, durch lamellaren Bau scheinbar tetragonal. Nur derb, in grobkörnigen Aggregaten. # (001)oP ziemlich vollk. mit Glasgl., sonst Fettgl. H. = 2½—3, G. = 7,14. Hellgelb ins Grünliche. Kantendurchschein. Långban.

Percylith (Boleit). Wasserhaltiges Oxychlorid von Pb und Cu. Kleine reguläre XX, himmelblau und glasglänzend. In Begleitung von Gold. Sonora in Mexico.

Atakamit. Salzkupfererz. $CuCl_2.3Cu(OH)_2$.

Rhombisch, holoedr. $a:b:c = 0{,}6613:1:0{,}7545$ (Zepharovich). — XX (schön von Burraburra), gewöhnlich prismatisch mit *(110)*∞*P* mit 111° 3′, *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$, *(101)P*$\breve{\infty}$ mit 106° und Verticalstreifung. Die Winkel der häufigeren Flächen gestatten nur eine annähernde Messung. Zw. und Drillinge nach ∞*P* selten. — Derb und nierenförmig, in stengligen, strahligen, blätterigen, körnigen und dichten Aggregaten; als Anflug und als Sand. Wandelt sich in Malachit (Beresowsk) und in Kieselkupfer um.

(010)∞*P*$\breve{\infty}$ vollk.: Br. muschlig. H. = 3—3½, G. = 3,76. Lauch-, gras- bis schwärzlichgrün. Str. apfelgrün. Glasgl., halbdurchs. bis durchschein.

59,43 Cu, 16,64 Cl, 11,26 O, 12,67 H_2O; das Wasser entweicht erst bei 200°; färbt die Flamme v. d. L. blaugrün und löst sich leicht in Salzsäure und Ammoniak.

Kann local zum Kupfererz werden. — In Deutschland selten, bei Schwarzenberg in Sachsen und Braubach in Nassau; in grösserer Menge auf Kupfererzgängen der Algodon-Bay und auf Silbererzgängen von Tarapaca in Peru; ferner von Remolinos und Copiapo in Chile, Burraburra bei Adelaide.

Aehnliche Mineralien: die meisten der phosphor- und arsensauren Kupfersalze, ferner Malachit.

Atelit. $CuCl_2.2Cu(OH)_2 + aq$. Grün, Umwandlungsproduct des vesuvischen Tenorits.

Tallingit. $CuCl_2.4Cu(OH)_2 + aq$. Dünne Rinden von blauer Farbe. Botallak-Grube, Cornwall. — Der hexagonale Connellit ist wahrscheinlich Cu-Chlorid, verbunden mit basischem Cu-Sulfat.

Sarawakit, wahrscheinlich Antimonoxychlorid; sehr kleine XX auf ged. Antimon von Borneo.

Daubreit. $Bi_2Cl_6.4Bi_2O_3$ (?). Krystallinische perlmutterglänzende Blättchen; erdig und faserig. Gelblichgrau. H. = 2½, G. = 6,4. Grube Constancia in Bolivien.

V. Klasse. Aluminate, Ferrite, Borate.

Die Hydroxyde von Al und Fe, auch von Cr verhalten sich wie Säuren gegenüber starken Basen und bilden mit diesen salzartige Verbindungen, die in ihrer Constitution mit den Boraten übereinstimmen und daher mit diesen zu einer Klasse vereinigt werden. Doch leiten sich mit Ausnahme einiger Borate die als Mineral auftretenden hierher gehörigen Salze nicht von dem gewöhnlichen Typus $B(OH)_3$ ab, sondern von einem durch Wasseraustritt entstandenen Typus AlO(OH) bezw. FeO(OH).

A. Aluminate und Ferrite.

Salze der Säuren AlO(OH) und FeO(OH), also nach alter Schreibweise Salze von der Formel R_2O, Al_2O_3 bezw. R_2O, Fe_2O_3, in welchen Formeln das allgemeine Radikalzeichen R für die 2-werthigen Elemente Mg, Fe, Mn, Zn, Cr und Be gesetzt ist.

Spinell-Magnetitgruppe.

Ausgezeichnet isomorphe Gruppe, regulär holoedrisch. Die gegenseitige Ersetzung der isomorphen Elemente Mg, Fe, Zn, Mn, Cr, ebenso wie von Al_2O_3 und Fe_2O_3 lässt eine grosse Zahl einzelner Glieder unterscheiden, die gegen einander nicht scharf abgegrenzt sind; zwischen den Endpunkten derselben, Spinell und Magnetit liegen alle möglichen Uebergangsglieder resp. Mischungsverhältnisse. Die dem Spinell nahestehenden Glieder, die Aluminate, sind durch geringeres spec. Gew., fehlenden Metallgl., höhere Härte und nur wenig gefärbten Strich gegen die dem Magnetit verwandten Mineralien, die Ferrite, unterschieden. Nachstehend die wichtigsten Glieder:

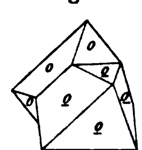
Aluminate (Spinelle):	**Ferrite** (Magnetite):
Spinell MgO, Al_2O_3.	Franklinit $(FeMnZn)O, Fe_2O_3$.
Pleonast (Eisenspinell) $(MgFe)O, (AlFe)_2O_3$.	Chromit $(FeCr)O, (CrFe)_2O_3$.
Hercynit FeO, Al_2O_3.	Jacobsit MnO, Fe_2O_3.
Picotit (Chromspinell) $(FeMg)O, (AlCrFe)_2O_3$.	Magnesioferrit MgO, Fe_2O_3.
Gahnit (Zinkspinell) ZnO, Al_2O_3.	Magnetit FeO, Fe_2O_3.

a) **Spinelle.** Meist hell, aber auch dunkel gefärbt, heller Str. Unmetallisches, steiniges Aussehen. Geringes spec. Gew.

Spinell. MgO, Al_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — ⨯⨯ gewöhnlich klein und scharf ausgebildet, bei grösseren sind die Flächen von *(111)O*, der charakteristischen und häufigsten Form dieser Gruppe, auch wohl gekrümmt, wie geflossen. Ausser *(111)O*, noch *(110)∞O*, *(311)3O3*, seltener *(100)∞O∞*. Zw. häufig

Fig. 391.



nach *(111)O* (sogen. Spinellgesetz) unter Verkürzung der Individuen (Fig. 391); auch Zwillingslamellen. Einzeln eingewachsen oder lose in zerbrochenen und gerundeten Körnern.

(111)O unvollk., Br. muschlig. H. = 8, G. = 3,5 bis 4,1. Glasgl., durchs. bis undurchs., farblos und in allen Farben, namentlich roth gefärbt. Str. weiss. Br.-I. = 1,72 Na.

28,13 MgO, 71,87 Al_2O_3, wobei in den gefärbten Varietäten MgO durch etwas FeO, und Al_2O_3 durch etwas Fe_2O_3 vertreten werden kann. — V. d. L. unschmelzbar; in Borax schwierig auflöslich, von Säuren kaum angegriffen, dagegen von Kaliumbisulfat aufgelöst; das geglühte Pulver färbt sich mit Co-Solution blau.

Typisches Contactmineral. Namentlich in körnigen Kalken und den Sommaauswürflingen; auch in Granit, zumeist aber als Geschiebe lose in Flusssanden und Seifen.

Varietäten: 1. Edler Spinell; durchs., roth in verschiedenen Tönen, blassroth: Rubin-Balais; dunkelroth: Rubin-Spinell; gelblichroth: Rubicell; bläulichroth: Almandin-Spinell. Meist lose auf Seifen neben Zirkon, Granat, Magnetit. Ceylon, Indien, Siam.

2. Blauer Spinell enthält bis 3,5 FeO. In körnigen Kalk eingewachsene XX mit rauher Oberfläche. Åker in Södermanland; Amity in New-York; Bolton, Mass. Straschkau in Mähren.

3. Grüner Spinell (Chlorospinell) mit 9—15 Fe_2O_3, auch etwas CuO. Grasgrün; neben Magnetit im Chloritschiefer von Slatoust im Ural.

Aehnliche Mineralien: Zirkon; Granat und einzelne Silikate.

Ceylanit. Schwarzer Spinell (Pleonast); dunkelgrün, dunkelbraun und schwarz; oft flächenreich; mit höherem Gehalt an FeO und Fe_2O_3. Charakteristisches Contactmineral. Monzoni, Vesuv, Albaner Gebirge. Lose auf Ceylon, auf der Iserwiese und im böhmischen Pyropensande.

Hercynit. FeO, Al_2O_3, also ein Spinell, dessen Mg fast ganz durch Fe ersetzt ist. XX undeutlich, in kleinkörnigen Aggregaten. H. = 7½—8, G. = 3,9. Schwarz mit graugrünem Str. Auf dem muschl. Br. glasglänzend, sonst matt. Unschmelzbar. Eingesprengt in einem Hornblende-Granat-Gabbro in losen Blöcken von Ronsberg in Böhmen (Ronsberger Smirgel), neben Magnetit und Korund.

Chromspinell (Picotit). (FeMg)O, $(AlCrFe)_2O_3$. Steht dem Ceylanit nahe, ist aber durch hohen Gehalt an FeO (über 24%) und Cr_2O_3 (8%) unterschieden. H. = 8, G. = 4,08. Schwarz mit hellbraunem Str. In olivinreichen Gesteinen, namentlich im Lherzolith und Serpentin; in den Olivinausscheidungen der Basalte.

Zinkspinell. Gahnit. Automolit. ZnO, Al_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — XX ein- oder aufgewachsen. *(111)O*, zuweilen in Combination mit *(110)∞O*. Zw. nach *(111)O*. — Auch in körnigen Aggregaten.

(111)O vollk. Br. muschlig, spröd. H. = 8, G. = 4,33—4,35. Schwach fettartiger Glasgl.; in Splittern und Kanten grün durchschein.

bis undurchs. Schwärzlich grün, ins Graue und Blaue bis ganz schwarz. Str. grau.

44,22 ZnO, 55,78 Al_2O_3, doch stets mehr oder weniger FeO und MgO an Stelle von ZnO. — V. d. L. unschmelzbar; mit Soda auf Kohle Zn-Beschlag; von Säuren und Alkalien nicht angegriffen.

Bei Fahlun im Talkschiefer, mit Kiesen auf Spalten eines granatführenden Gneisses von Snuggens Kupfergrube in Helsingland, bei Franklin im körnigen Kalk, bei Haddam, Conn., im Granit. Mit Arsenikerzen bei Querbach in Schlesien. Auf Diamantseifen in Minas Geraës. Künstlich in den Muffeln bei der Zink-Destillation.

Kreittonit, grünlich bis sammetschwarz von Bodenmais, Ornavaro in Piemont und Dysluit, gelblich- bis dunkelbraun von Sterling in New-Jersey, sind Zinkspinelle mit beträchtlichem Gehalt an Fe_2O_3, bezw. Fe_2O_3 und MnO.

b) **Magnetite.** Dunkel gefärbt mit dunklem Str.; mehr oder minder metallisches, erzartiges Aussehen. Hohes spec. Gew.

Franklinit. (ZnMn)O, Fe_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — XX oft mit gerundeten Ecken und Kanten. *(111)O* oder *(111)O*, *(110)∞O*. — Derb und eingesprengt.

(111)O unvollk. Br. muschlig. G. = 6—6½, G. = 5,0—5,1. Unvollk. Mgl., undurchs., eisenschwarz. Str. dunkelbraun bis rothbraun.

In chemischer Beziehung ein Magneteisen, bei dem FeO zum grössten Theil durch ZnO (17—25 %) und MnO (10—16 %) ersetzt wird. — V. d. L. unschmelzbar; auf Kohle Zn-Beschlag, mit Soda Mn-Reaction. In heisser Salzsäure unter Chlorentwicklung löslich.

In grösserer Menge nur auf der Rothzinkerzlagerstätte innerhalb krystallinischer Kalke vom Mine Hill und Sterling Hill bei Franklin Furnace im Grenzgebiet von New-Jersey und New-York; findet hier als zink- und manganhaltiges Eisenerz Verwendung, sonst noch bekannt von Eibach in Nassau.

Aehnlich: Chromit und Magnetit.

Chromeisenerz. Chromit. FeO, Cr_2O_3.

Regulär, holoedrisch. — XX selten *(111)O*; gewöhnlich eingesprengt in Körnern und Trümmern oder in derben Klumpen und Nestern.

(111)O unvollk. Br. uneben bis muschlig. H. = 5½, G. = 4,4—4,6. Unvollk. fettartiger Mgl., undurchs. Eisen- bis bräunlichschwarz. Str. braun; unmagnetisch, zuweilen schwach magnetisch.

Zus. schwankend; FeO wird z. Th. durch MgO (Magnochromit von Frankenstein), Cr_2O_3 (40—65 %) theilweise durch Al_2O_3 ersetzt; ausserdem findet sich wohl CrO und Fe_2O_3. — V. d. L. unschmelzbar, aber magnetisch werdend. Mit Borax Fe-Reaction wenn heiss, Cr-Reaction

wenn kalt. In Säuren unlöslich; die Schmelze mit Salpeter giebt eine gelbe Lösung.

Einziges Chromerz von Bedeutung. Fast immer an Serpentin geknüpft, in dem es sich in unregelmässiger und nesterartiger Vertheilung findet; stammt als magmatische Ausscheidung aus den Ursprungsgesteinen des Serpentins, d. s. basische Eruptivgesteine; daher auch die Beziehung zu manchen Nickel- und Platinlagerstätten. Frankenstein in Schlesien, Kraubat in Steiermark, Hrubschitz in Mähren; im Banat, in Bosnien und Macedonien, am Ural; Röraas und Nordlandsamt in Norwegen, Shetlandinsel Unst, Wooded Peak auf Neu-Seeland, Neu-Caledonien. Weit verbreitet im Serpentin der atlantischen und pacifischen Küste Nordamerikas: Pennsylvanien, Maryland, namentlich Californien. Hauptversorgung heute aus Kleinasien und neuerdings auch aus Canada. — Ferner als charakteristisches Seifenmineral auf Platinseifen am Ural, Altai und in Brasilien.

Aehnlich: Magnetit und Franklinit.

Magneteisenerz. Magnetit. FeO, Fe_2O_3 bezw. Fe_3O_4.

Regulär, holoedrisch. — XX (Traversella, Binnenthal, Zillerthal etc.) meist eingewachsen, häufig verzerrt und bei mikroskopischer Kleinheit oft skeletartig aggregirt. *(111)O* sehr häufig, weniger *(110)∞O*, das vielfach der längeren Diagonale parallel gestreift ist; seltener *(100)∞O∞*, *(211)2O2*, *(221)2O* und auch *(hkl)mOn*. Zw. nach *(111)O*, ganz nach Art der Spinellzw. — Derb und eingesprengt in körnigen, schaligen und dichten Aggregaten; in losen Körnern als Magneteisensand; in Pseudomorphosen nach Rotheisen, Spatheisen.

(111)O unvollk., aber häufig oktaedrische Absonderung in Folge lamellarer Zwillingsbildung. Br. muschlig, spröd. H. $= 5\frac{1}{2}-6\frac{1}{2}$, G. $= 4{,}9$ bis 5,2. Mehr oder minder ausgeprägter Mgl., undurchs., nur die ganz dünnen Häute im Glimmer von Pennsburg, Pa., scheinen braun durch. Eisenschwarz. Str. schwarz. Stark magnetisch; im angewitterten Zustand zuweilen polarmagnetisch.

68,97 Fe_2O_3, 31,03 FeO mit insgesammt 72,41 Fe; öfters titanhaltig (Titanmagneteisen, s. unten), auch Mangan und Phosphorsäure. — V. d. L. sehr schwer schmelzbar. Mit Borax oder Phosphorsalz Fe-Reaction; gepulvert in concentrirter Salzsäure löslich.

Wichtiges und weit verbreitetes Eisenerz! Zuweilen sogen. Eisenberge bildend. — 1. Eingelagert in krystallinen und sonstigen metamorphischen Schiefern, fahlbandartig oder zu selbständigen Linsen, Lagern und Stöcken anschwellend, und dann geradezu gesteinsbildend; öfters mit Pyrit gemengt. Wirthschaftlich von grösster Bedeutung. Derartige Magnetitlagerstätten setzen gern in reihenweise angeordneten Linsen und

Lagern auf der Grenze von körnigen Kalksteinen mit Gneissen, Granuliten und Hälleflinten auf, häufig eingebettet in einem charakteristischen Mineralgemenge (in Schweden „skarn" genannt) von Salit, Hornblende, Granat, Epidot etc. Sehr häufig in Skandinavien, den Ver. Staaten und in Canada. Arendal und Nachbarschaft in Norwegen, das Jernbäraland im mittleren Schweden mit Persberg, Nordmark, Striberg, Grängesberg, Norberg, Dannemora etc., Gellivara in Norrbotten, in den Provinzen Sevilla und Badajoz, bei Kriwoï-Rog in Südrussland. Schmiedeberg in Schlesien, Schwarzenberg und Berggieshübel in Sachsen, Kirlibaba in der Bukowina etc. — 2. Gemengtheil besonders von basischen Eruptivgesteinen, von Diabas, Gabbro, Melaphyr, Basalt. Die dunkle Farbe dieser Gesteine rührt im Wesentlichen von dem fein eingemengten Magnetit her. Durch locale Concentration des Magnetitgehaltes entstehen Erzlagerstätten: Taberg am Wettersee; dahin werden gewöhnlich auch die Magnetitberge des östlichen Urals, Katschkanar, Blagodat, Wissokaja Gora, Magnetnaja Gora gerechnet, ebenso Kirunavara und Luossavara in Norrbotten. — Das Magneteisen der Eruptivgesteine ist oft stark Ti-haltig und nimmt ein schlackiges, glasflussartiges Aussehen an, sogen. schlackiges Magneteisen, Trappeisen; typisch im Basalt von Unkel am Rhein. — 3. Auf Contactlagerstätten im Kalkstein: Morawitza etc. im Banat. — 4. Auf Gängen und Klüften; nicht häufig; dahin vielleicht die trümmerstockartige Lagerstätte von Traversella in Piemont. — 5. Als Sublimationsproduct an Vulkanen. — 6. Lose als Magnet- und Titanmagneteisensand auf Seifen, an Meer-, See- und Flussufern. Norddeutsche Seen, Ostsee, Lake Superior etc. Als Begleiter auf Edelsteinseifen; zuweilen auch in wieder verkitteten grösseren, breccienartigen Massen: Tapanhoacanga und Catawbirit in Brasilien.

Rotheisenstein des Spitzenberges bei Altenau im Harz ist durch Berührung mit dem Okergranit in compactes, Spatheisen auf Siegenschen Gängen im Contact mit Basalt in mulmiges Magneteisen umgewandelt. — Zufälliges Hüttenproduct, auch künstlich dargestellt. — Alle ähnlichen Mineralien, wie Chromeisen, Titaneisen, Hausmannit etc. durch mangelnden Magnetismus unterschieden.

Jakobsit. MnO, Fe_2O_3. Regulär, ein Manganmagnetit, bei dem FeO durch MnO und auch etwas MgO ersetzt ist; auch für Fe_2O_3 tritt etwas Mn_2O_3 ein. In oktaedrischen XX und in abgerundeten Körnern eingesprengt, häufiger in körnigen Aggregaten. G. = 4,75. Mgl., undurchs., eisenschwarz. Str. röthlich schwarz; stark magnetisch. Im körnigen Kalk von Jakobsberg in Wermland.

Magnesioferrit (Magnoferrit) MgO, Fe_2O_3. In kleinen schwarzen und lebhaft glänzenden Oktaedern auf vesuvischen Laven, in regelmässiger Verwachsung mit Eisenglanztafeln. G. = 4,65. Str. dunkelroth. —

Plumboferrit, ein problematisches Mineral, das auf die Formel $(PbFeCu)O, Fe_2O_3$ mit 23—33 PbO führt, aber in kleinen sechsseitigen metallglänzenden XX vom Aussehen des Molybdänglanzes oder des Eisenglimmers krystallisirt. Jakobsberg und Sjögrufva in Oerebro.

Chrysoberyll. Cymophan. BeO, Al_2O_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}470 : 1 : 0{,}580$ (Mohs-Zippe). — XX stets eingewachsen, gewöhnlich dick tafelartig nach der vertical gestreiften Querfläche. Im Habitus und in den Winkeln dem Olivin ähnlich. Die häufigsten Flächen sind $M = (100)\infty \bar{P}\infty$ mit charakteristischer Verticalstreifung, $T = (010)\infty \breve{P}\infty$, $i = (011)\breve{P}\infty$ mit 119° 46′, $s = (120)\infty \breve{P}2$ mit 94° 33′, daneben $o = (111)P$ mit 139° 53′ und 86° 16′ an den Polkanten, $n = (121)2\breve{P}2$. Zw. sehr häufig nach $(031)3\breve{P}\infty$, dessen Winkel sehr nahe 120° bezw. 60° sind, theils in Juxtaposition, theils in Penetration; auf der Querfläche M entsteht eine ausgezeichnete Fiederstreifung. Durchdringen sich 3 Individuen (Fig. 392) nach diesem Gesetz, so gehen scheinbare hexagonale Bipyramiden mit Basis hervor, da die Flächen $o = (111)P$ benachbarter Individuen fast genau in eine Ebene fallen. Derartige Drillinge (Fig. 393) aus den Smaragdgruben an der Takowaja im Ural sind Alexandrit genannt worden. — Auch in Krystallbruchstücken, in losen Körnern und Geschieben.

Fig. 392.

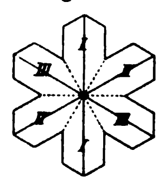
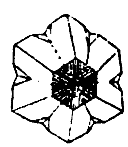


Fig. 393.



$(010)\infty \breve{P}\infty$ deutlich, Br. muschlig. H. = $8\frac{1}{2}$, das dritthärteste Mineral, G. = 3,65–3,8. Glasgl., auf dem Br. fettartig; durchs. bis durchschein. Grünlichweiss oder grünlichgelb, spargelgrün bis smaragdgrün; häufig pleochroitisch (bei Lampenlicht colombinroth); manche zeigen einen wogenden Lichtschein, der sie dem Katzenauge ähneln lässt.

19,72 BeO, 80,28 Al_2O_3 mit etwas Fe. — V. d. L. und von Säuren nicht verändert. Borax löst ihn schwer zu klarem Glase auf; von Alkalien und Kaliumbisulfat zersetzt.

Eingewachsen im Gneiss von Marschendorf in Mähren mit Granat und Spinell, im Glimmerschiefer an der Takowaja am Ural (Alexandrit), bei Haddam, Conn., in Granit mit Beryll und Granat. Lose auf Edelsteinseifen von Ceylon, Pegu, Brasilien. Aehnlich manchen Silicaten.

B. Borate. Borsaure Salze.

Dieser Klasse gehören theils wasserfreie, theils wasserhaltige Salze der Borsäure BO.HO ($=B_2O_3, H_2O$), und zwar von verschiedenem Sättigungsgrade derselben an. Einige der im Nachfolgenden als wasserhaltige Borate aufgeführten Mineralien, Sussexit und Boromagnesit werden auch als basische Salze, der Wasserstoff somit als Vertreter von Basen aufgefasst. — Es sind durchweg farblose bis weisse Mineralien von geringer Verbreitung. — Ihrem Vorkommen nach finden sie sich zum kleineren Theil in eruptiven und metamorphischen Gesteinen, die meisten werden auf Gyps- und Salzlagerstätten oder als junge Bildungen in Boraxseen und in den Maremmen Toscanas angetroffen.

1. Abtheilung. **Wasserfreie Borate.**

Boracit. $Mg_7B_{16}O_{30}Cl_2$ bezw. $2(3MgO,4B_2O_3) + MgCl_2$.

Dimorph, rhombisch und regulär. — Ideal ausgebildete XX sind die häufigste Erscheinungsform, durchweg klein, fast stets eingewachsen,

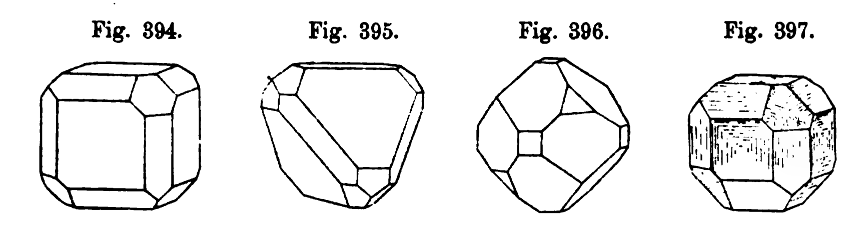


Fig. 394. Fig. 395. Fig. 396. Fig. 397.

zeigen typisch regulär-tetraedrische Entwicklung, namentlich *(100)∞O∞*, *(110)∞O* und *(111)+O*, daneben wohl noch *(1̄11)—O* (matt), *(211)+2O2*, *(531)+5O⁵/₃*. Je nach dem Vorherrschen von *(100)∞O∞*, *(110)∞O*, *(111)+O* entsteht würfeliger, dodekaedrischer oder tetraedrischer, zuweilen auch durch ±*O* oktaedrischer Habitus. — Wie aber durch die optische Zweiaxigkeit und durch die Aetzfiguren bewiesen wird, stellen die regulären Formen und Combinationen mimetische Zwillingsstöcke dar: 12 rhombische Individuen sind nach der scheinbaren *(110)∞O*-Fläche, d. i. *(100)∞P̄∞* an jedem rhombischen Individuum, cyclisch um einen gemeinsamen Mittelpunkt gruppirt, mit einander verwachsen (Fig. 397). Durch Einschaltung zahlreicher Zwillingslamellen wird in Wirklichkeit der Zwillingsbau noch complicirter. — Auch derb in dichten Aggregaten in Form von Knollen, Schmitzen und Schnüren.

Keine #. Br. muschlig, spröd. H. = 7, G. = 2,9—3. Glasgl., durchs. bis durchschein.; oberflächlich oft in eine trübe faserige Substanz (Parasit) umgewandelt. Farblos bis leicht bläulich oder grünlich; auch grau und gelblich. Stark pyroelektrisch, wobei *(111)+O* den antilogen, *(1̄11)—O* den analogen Pol abgiebt. — Wird bei 265° und darüber hinaus einfach brechend, indem das Mineral in die reguläre Modification übergeht und verliert dabei die Pyroelektricität; beim Erkalten tritt der frühere Zustand wieder ein.

26,9 MgO, 10,6 $MgCl_2$, 62,5 B_2O_3; doch ist wahrscheinlich Cl an B, nicht an Mg gebunden; ausserdem wohl noch etwas CaO, FeO (Eisenboracit) und H_2O. — V. d. L. schwer schmelzbar. Bor-Reaction; von Salzsäure langsam gelöst.

Im Gyps von Lüneburg und Segeberg; im Carnallit von Stassfurt. An letzterem Ort vereinzelt auch in Drusen aufgewachsen, häufiger derb mit feinfaseriger Structur in faustgrossen Knollen und Linsen (Stass-

furtit) bei Stassfurt und auf den übrigen subhercynischen Salzlagerstätten.

Jeremejewit. Al_2O_3, B_2O_3. Hexagonale, bis 50 mm lange Prismen $(11\bar{2}0)\infty P2$, die aus einer dünnen Hülle eines optischen einaxigen Minerales (Jeremejewit im engern Sinn) und aus einem chemisch gleich zusammengesetzten rhombischen Drillings-Kern (Eichwaldit) bestehen. H. = $5^1/_2$, G. = 3,28. Lose im granitischen Schutt am Soktuj-Berg im Aduntschilon-Gebirge.

Rhodizit. $2Al_2O_3, K_2O, 3B_2O_3$. In kleinen pseudoregulär-tetraedrischen, dem Boracit ähnlichen XX. $(110)\infty O$, $(111)O$. H. = 8, G. = 3,3. Auf rothem Turmalin und Quarz bei Mursinsk.

Ludwigit. $FeO, Fe_2O_3 . 3MgO, B_2O_3$. Rhombisch, in stengligen, bis faserigen Aggregaten. H. = 5, G. = 3,9—4,1. Glas- bis seidenglänzend. Rabenschwarz. Neben Magnetit von Morawitza.

2. Abtheilung. Wasserhaltige Borate.

Borax. Tinkal. $Na_2B_4O_7 . 10H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *1,0995* : *1* : *0,5629*. β = 106° 35′ (Schrauf). — XX kurz- und dicksäulig mit vorherrschender Querfläche, im Habitus und in den Winkeln ganz augitähnlich. *(110)*∞*P* mit 87°, *(100)*∞*P*$\bar{\infty}$, *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$, *(001)oP*, *(111)P*. Zw. nach *(100)*∞*P*$\bar{\infty}$ selten.

\# *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$ und *(110)*∞*P*. Br. muschlig, etwas spröd. H. = 2 bis $2^1/_2$, G. = 1,7—1,8. Fettgl., farblos bis trüb, graulich oder gelblichweiss, auch grünlich und bräunlich, überzieht sich mit einer trüben Rinde. Gekreuzte Dispersion!

36,7 B_2O_3, 16,2 Na; häufig durch fettige Substanz verunreinigt. — Schmilzt v. d. L. zur klaren Perle, die Metalloxyde löst. In 14 Theilen kalten Wassers löslich; schmeckt süsslich-salzig.

Am Ufer und im Bodenschlamm sogen. Borax-Seen, gewöhnlich neben Steinsalz und Soda: im westlichen Tibet, in Californien (grosse XX *vom Clear-Lake), in Nevada (Columbus Marsh).*

Der in den Handel kommende Borax wird z. Th. auch aus Sassolin und Stassfurtit hergestellt.

Borocalcit (Bechilith). $CaB_4O_7 . 4H_2O$. Incrustationen aus den Borsäure-Maremmen Toscanas. Der Borocalcit von Iquique in Peru (Hayesin) ist wahrscheinlich Boronatrocalcit.

Boronatrocalcit (Ulexit, Tinkalcit). $CaNaB_5O_9 . 6H_2O$. Weisse knollige Aggregate mit feinfaseriger, filziger Structur. Iquique (hier unter dem Namen Tiza), Südafrika, Neuschottland.

Pandermit (Priceit). $Ca_2B_6O_{11} . 3H_2O$. Derb, in feinkörnigen, marmorähnlichen Knollen im Gyps von Panderma am Schwarzen Meer, wo er als „Boracit“ in den Gruben von Sultantschaïr in grösster Menge gewonnen wird; kreideähnlich aus Süd-Oregon und San Barnardino Co. in Californien.

Colemanit. $Ca_2B_6O_{11}.5H_2O$. Monoklin. $\beta = 110^\circ 17'$. Datolith-ähnliche flächenreiche X X. ⋕ (010)∞P$\bar{\infty}$ sehr vollk. H. = 3½—4, G. = 2,39—2,42. Glas- bis Diamantgl. Mit Quarz von Death Valley in Californien.

Franklandit. $Na_2CaB_6O_{11}.7H_2O$. Verfilzte weisse Massen von langfaseriger Structur. Tarapaca in Peru.

Hydroboracit. $CaMgB_6O_{11}.6H_2O$. Derb, in strahlig-blätterigen Aggregaten, Gyps-ähnlich. Weiss bis lichtröthlich. Kaukasus, Stassfurt.

Boromagnesit (Szajbelyit). $2Mg_5B_4O_{11}.3H_2O$. In sehr kleinen radialfaserigen, weissen Kugeln im körnigen Kalk von Rezbánya.

Sussexit. $(MnMg)_2B_2O_5.H_2O$. Derb, in asbestartigen Trümmern in Kalkspath. H. = 3. Seidengl., gelblichweiss bis fleischroth. Neben Rothzinkerz von der Franklin-Grube in New-Jersey.

Pinnoit. $MgB_2O_4.3H_2O$. In derben dichten Knollen mit schimmerndem Bruch und von gelber, seltener grüner, röthlicher oder grauer Farbe. H. = 3—4. Verwachsen mit Stassfurtit aus der Kainitregion von Stassfurt.

Lagonit. $Fe_2B_6O_{12}.3H_2O$. Gelb und erdig. Borsäure-Maremmen Toscanas.

Larderellit. $(NH_4)_2B_8O_{13}.4H_2O$. Borsäure-Maremmen Toscanas.

Sulfoborit. $2Mg_2B_2O_5.2MgSO_4.9H_2O$. In kleinen rhombischen X X, farblos oder röthlich, H. = 4—4½, durchs., eingewachsen in Carnallit von Westeregeln.

Lüneburgit. $MgB_2O_4.2MgHPO_4.7H_2O$, in flachen Knollen von feinfaseriger Structur im Gyps von Lüneburg.

VI. Klasse. Nitrate, Carbonate, Selenite.

Salpetersaure, kohlensaure und selenigsaure Salze.

Mit den kohlensauren Salzen, dem Hauptbestandteil dieser Klasse, sind die Nitrate, der isomorphen Beziehung des Kali- und Natronsalpeters zur Calcit-Aragonitgruppe wegen, vereinigt; ausserdem sind die wenigen, in der Natur bekannten selenigsauren Salze angefügt. Ihrer chemischen Constitution nach sind die Mineralien theils wasserfrei, theils wasserhaltig; unter den ersteren finden sich theils neutrale, theils basische Salze, welch letztere jedoch in Uebereinstimmung mit der älteren Deutung, wonach die Hydroxylgruppen als Wasser aufgefasst werden, im Nachstehenden auch mit den wasserhaltigen Mineralien zu einer gemeinsamen Abtheilung gezogen sind.

Der Habitus ist durchweg steinig; soweit nicht Verbindungen von Co und Cu vorliegen, sind die Mineralien farblos, weiss oder nur gefärbt; Härte nicht über 5. Die Carbonate sind an der Entwicklung von CO_2 bei der Behandlung mit Säuren leicht kenntlich. Vorkommen mannichfach.

A. Nitrate.

Kalisalpeter. Salpeter. KNO_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5843 : 1 : 0{,}7028$ (Rammelsberg). — In der Natur nur in nadel- und haarförmigen Aggregaten, in mehligen Ausblühungen und in körnigen Krusten. Künstliche XX haben prismatischen Habitus und sind isomorph mit Aragonit. *(110)*∞*P* (118° 49′), *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$, *(021)2P*$\breve{\infty}$ (70° 55′), *(111)P*. Zw. nach *(110)*∞*P* wie beim Aragonit.

\# *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$ und *(110)*∞*P*, wenig vollk. Br. muschlig, spröde. H. = 2, G. = 1,9–2,1. Glasgl. Farblos, weiss, grau. Optisch negativ. Axen in *(100)*∞*P*$\bar{\infty}$, Axenwinkel sehr klein, Bisectrix = Verticalaxe.

46,6 K_2O, 53,4 N_2O_5. In Wasser leicht löslich. Nicht hygroskopisch.

Unter Mitwirkung thierischer Abfälle entstanden. — In Kalkhöhlen (Salpeterhöhlen): Leonhardshöhle bei Homburg, in Calabrien, auf Ceylon; als Bodenausblühung (Kehrsalpeter) in der Nähe von manchen ungarischen Ortschaften, Aragonien, Nordafrika, Ostindien etc. — Vereinzelt auf Lagern innerhalb der Natronsalpeterlagerstätten in Chile.

Verwendung mannichfach, heute zumeist aus dem Natronsalpeter hergestellt.

Natronsalpeter. Chilesalpeter. Nitratin. $NaNO_3$.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. *a* : *c* = *1* : *0,8276* (BROOKE-RAMMELSBERG). — Krystallinische Aggregate und Körner. Künstliche XX sind mit Calcit isomorph. *(10$\bar{1}$1)R* mit 106° 33′, Zw. nach *(01$\bar{1}$2)*—½*R*. # *(10$\bar{1}$1)R* ziemlich vollk.; Gleitfläche nach *(01$\bar{1}$2)*—½*R*. Br. muschlig, spröde. H. = 1½—2, G. = 2,1—2,2. Glasgl. Farblos oder licht gefärbt. Hygroskopisch; starke negat. D.-Br. ω = 1,5874, ε = 1,3361.

36,5 Na_2O, 63,5 N_2O_5, aber mit NaCl und Na_2SO_4. Leicht löslich in Wasser.

In Schichten, gemengt mit Steinsalz, auch wohl mit Guano und wechsellagernd mit Gyps, Sanden und Thonen mehr als 1000 m über dem Meer im regenlosen, ca. 40 km ausgedehnten Gebiet bei Iquique und Tarapacá im nördlichen Chile und ferner bei Arané in Bolivia.

Verwendung zu Herstellung von Kalisalpeter, von Salpeter- und Schwefelsäure, als Mineraldünger. Bei seiner hygroskopischen Beschaffenheit lässt er sich nur für Steinsalzgruben zum Sprengpulver verwenden.

Darapskit. $NaNO_3 . Na_2SO_4 . H_2O$. Monoklin. XX tafelig und leicht # nach (100)∞P$\bar{\infty}$. H. = 2. Farblos. Aus chilenischem Natronsalpeter.

Barytsalpeter (Baryumnitrat). BaN_2O_6. Regulär. Künstliche XX ausgezeichnet tetartoedrisch entwickelt, in der Natur in kleinen oktaedrischen XX der Combination (111)+O, (1$\bar{1}$1)—O. Chile.

Lautarit. CaJ_2O_6 mit 85,64 J_2O_5. Monokline XX mit prismatischem Habitus, häufig radial gruppirt. Farblos bis gelblich. G. = 4,59. Einziges Jodat; aus den Natronsalpeterlagern der Wüste Atacama.

Kalksalpeter (Nitrocalcit). $CaN_2O_6 . H_2O$ und

Magnesiasalpeter (Nitromagnesit). $MgN_2O_6 . H_2O$ finden sich in weissen oder grauen Ausblühungen in Kalksteinhöhlen von Kentucky.

Gerhardtit. $Cu_4N_2O_9 . 3H_2O$. Rhombisch, in pyramidalen XX; dunkelgrün. Aus den Kupfergruben von Jerome in Arizona.

B. Carbonate.

1. Abtheilung. Wasserfreie Carbonate.

Kalkspath-Aragonitgruppe

von der Formel RCO_3, wo R = Ca, Mg, Zn, Mn, Fe, Co, Sr, Ba, Pb. Ausgezeichnet dimorph, theils hexagonal (Kalkspathreihe), theils rhombisch (Aragonitreihe); zahlreiche Glieder lassen sich, besonders in Folge häufiger isomorpher Mischungen, unterscheiden. Die wichtigsten Glieder sind:

Kalkspathreihe.	Aragonitreihe.
Kalkspath $CaCO_3$	Aragonit $CaCO_3$
Dolomit $(CaMg)CO_3$	Alstonit $(CaBa)CO_3$
Magnesit $MgCO_3$	Witherit $BaCO_3$

Kalkspathreihe (Fortsetzung).
Zinkspath $ZnCO_3$
Eisenspath $FeCO_3$
Manganspath $MnCO_3$
Kobaltspath $CoCO_3$.

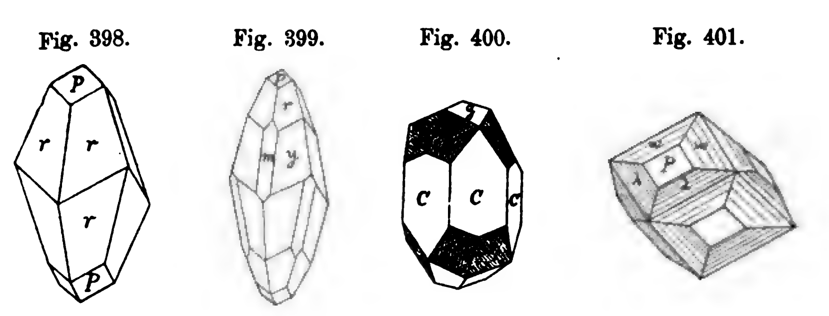
Aragonitreihe (Fortsetzung).
Strontianit $SrCO_3$
Tarnowitzit $(CaPb)CO_3$
Cerussit $PbCO_3$.

a) **Kalkspathreihe.** Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch, bezw. tetartoedrisch.

Kalkspath. Calcit. $CaCO_3$.

Hexagonal, rhomboedr.-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8543$ (Wollaston). — An zahlreichen Fundpunkten, z. B. St. Andreasberg, ausgezeichnet kry-

Fig. 398. Fig. 399. Fig. 400. Fig. 401.



stallisirt. ✕✕ fast stets aufgewachsen und überaus mannichfach gruppirt. Sehr flächenreich, ca. 200 verschiedene Formen; das flächenreichste Mineral! Die gewöhnlichsten, für sich oder in Combination auftretenden Formen sind: $g = (01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$ mit 134° 57′, $c = (10\bar{1}0) \infty R$, $f = (02\bar{2}1) - 2R$ mit 70°, $r = (2\bar{1}\bar{3}1) R3$ mit 144° 24′ und 104° 38′ an den Polkanten, $o = (0001) oR$. Das Haupt-(Spaltungs-)Rhomboeder $P = (10\bar{1}\bar{1}) R$ mit 105° 5′ ist nicht so häufig, weil es anscheinend nur aus ganz reinen Lösungen auskrystallisirt (✕✕ z. B. von Helgastadir auf Island). Gemein ist auch das Prisma II Art $u = (11\bar{2}0) \infty P2$, das gewöhnlich parallel den Combinationskanten mit R gestreift ist, dagegen gehören Bipyramiden II Art, z. B. $(11\bar{2}3)\frac{2}{3}P2$ und dihexagonale Prismen zu den Seltenheiten. Flächen und Kanten sind öfters gerundet; das Auftreten flacher Rhomboeder bedingt linsenförmige Gestalten.

Von den ca. 50 Rhomboedern treten sonst noch häufiger auf: $m = (40\bar{4}1)4R$, $(50\bar{5}4)\frac{5}{4}R$ mit $95\frac{1}{2}$°, $(16 . 0 . \overline{16} . 1) 16R$, $(01\bar{1}\bar{1}) - R$, $(03\bar{3}2) - \frac{3}{2}R$. (würfelähnlich, 88° 18′), $(0 . 14 . \overline{14} . 1) - 14R$; ferner zahlreiche Skalenoeder (über 100), neben dem gemeinen $r = (21\bar{3}1)R3$ namentlich: $\lambda = (31\bar{4}2)R2$ mit Combinationsstreifung nach R, mit gleicher Streifung auch $w = (31\bar{4}5)\frac{2}{5}R2$ Fig. 401, $(21\bar{3}4)\frac{1}{4}R3$, $(32\bar{5}1)R5$; $(13\bar{4}1)2R2$ etc.

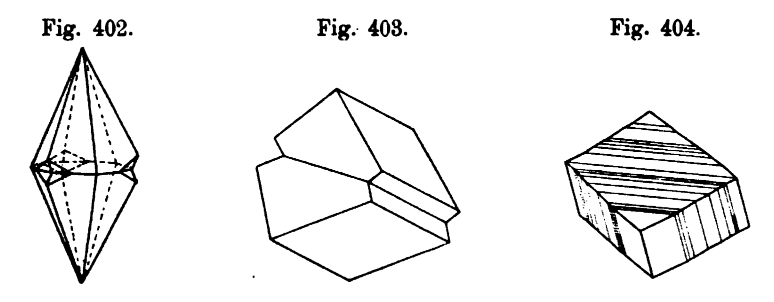
Die Zahl der Combinationen ist überaus gross, mehr als 750; die Orientirung an ihnen wird sehr erleichtert durch die Erkennung des Hauptrhomboeders an seiner Spaltbarkeit und die Beschaffenheit einzelner Flächen.

R ist häufig matt und rauh; $-\frac{1}{2}R$ nicht selten parallel der kürzeren Diagonale gestreift; die gleiche den Polkanten des Hauptrhomboeders parallele Streifung weisen

auch ∞P2 und verschiedene Skalenoeder auf. oR ist entweder perlmutterglänzend oder häufiger noch matt und weiss; ∞R ist glasglänzend und glatt.

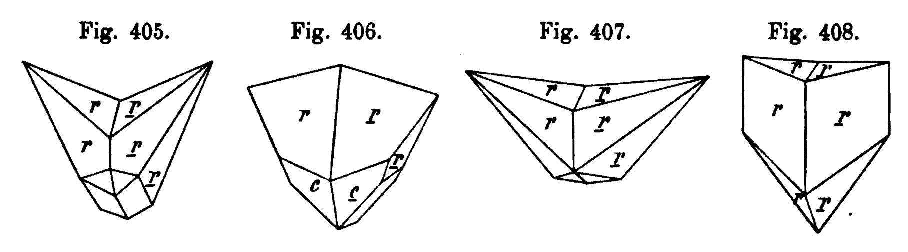
Zwillinge häufig. 1. Ergänzungszwillinge nach *(0001)oR* nicht selten, gewöhnlich mit *oR* als Verwachsungsfläche (Fig. 402), zuweilen

Fig. 402. Fig. 403. Fig. 404.



aber auch durch einander gewachsen. 2. Häufiger ist noch das Gesetz, dass die Individuen symmetrisch zu $(01\bar{1}2)-\frac{1}{2}R$ liegen (Fig. 403); vielfach mit lamellarer Wiederholung, wodurch auf den Spaltstücken eine feine Riefung parallel der langen Diagonale von $(10\bar{1}1)R$ entsteht (Fig. 404). Wenn die Zwillingslamellen nach abwechselnden Flächen von $(01\bar{1}2)-\frac{1}{2}R$ eingelagert sind, sich also durchkreuzen, so können hohle Canäle entstehen. Zw. nach diesem Gesetz können auch durch Druck (cfr. S. 141) erzeugt werden, weshalb lamellare Zwillingsbildung in stark gepressten (durch tektonische Processe, Krystallisationskraft) körnigen Kalken (Marmor etc.) eine charakteristische Erscheinung sind. 3. Seltener nach $(10\bar{1}1)R$. Bei der gewöhnlichen skalenoedrischen Ausbildung der Einzelkrystalle haben die Zw. ein herzförmiges (Fig. 405) oder wenn einzelne Flächen unterdrückt sind ein schmetterlingsförmiges Aussehen (Fig. 406); und 4. am seltensten nach $(20\bar{2}1)2R$; auch hier kann das Aussehen herz- (Fig. 407) oder schmetterlingsartig (Fig. 408) sein. — In späthigen, körnigen, steng-

Fig. 405. Fig. 406. Fig. 407. Fig. 408.



ligen, faserigen, dichten und erdigen Aggregaten; in Kugel- und Zapfenform (Pisolithe, Rogensteine; Stalaktiten, Stalagmiten); in Paramorphosen nach Aragonit, in Pseudomorphosen nach vielen Mineralien; häufig auch selbst umgewandelt. Gemeinstes Versteinerungsmineral.

$(10\bar{1}1)R$ sehr vollk., daher der muschlige Br. selten wahrnehmbar. Gleitfläche $(01\bar{1}2)-\frac{1}{2}R$; spröd. H. = 3, G. = 2,6—2,8 (Isländer

Doppelspath = 2,72). Glasgl., durch feine Combinationsstreifung entsteht auf manchen XX ein eigenthümlicher Atlasglanz. Durchs. bis undurchs. Farblos und mannichfach gefärbt. Sehr starke negative Doppelbrechung (cfr. S. 161); wird durch Druck stark elektrisch.

56 CaO, 44 CO_2 mit mehr oder minder beträchtlicher isomorpher Beimischung von Mg (dolomitischer Kalkspath), Fe, Mn (Spartait, enthält 6—14 MnO, roth. Matrix des Rothzinkerzes von Sparta in New-Jersey), von Zn, Co, von Sr (Strontianocalcit von Girgenti), Ba (Neotyp von Cumberland), Pb (Plumbocalcit mit 2,3—7,8 $PbCO_3$. Wanlockhead und Leadhills; Bleiberg). Gemengt mit vielen Substanzen: mit Brauneisen (Siderokonit), mit Rotheisen (Hämatokonit), mit Kohle (Anthrakonit), mit Sand (bis zu 80%, krystallisirter Sandstein). — V. d. L. unschmelzbar, brennt sich unter Aufleuchten kaustisch. In kalten Säuren unter lebhaftem Brausen leicht löslich. Wird auch von CO_2-haltigem Wasser gelöst, aus dem der Calcit, wenn die Lösung nur $CaCO_3$ enthielt, zumeist in Form $(10\bar{1}1)+R$, bei nicht ganz reiner Beschaffenheit der Lösung in mehrfachen Combinationen wieder auskrystallisirt; bei höherer Temperatur bildet sich in der Lösung Aragonit.

Vorkommen. Ueberaus weit verbreitet und nach dem Quarz das gemeinste Mineral; auf den mannichfachsten Lagerstätten und von verschiedenartigster Genesis. Als selbständiges Gebirgsglied aller Formationen, theils aus Lösungen auskrystallisirt, theils mechanischer Absatz, zumeist unter Beihülfe von Organismen. Als Gemengtheil zahlreicher Gesteine. Auf Erz- und Mineralgängen; auf Hohlräumen von Eruptivgesteinen. Als Contactmineral, als concretionäres und überaus häufiges Verwitterungsproduct von Silicatgesteinen. Als Quellabsatz und Sinterbildung.

Die zahlreichen Varietäten lassen sich in 2 Gruppen sondern:

I. Krystallisirter Kalkspath (Kalkspath im engeren Sinn) umfasst die deutlich auskrystallisirten Varietäten. Hierher die schönen XX der Erzgänge und aus Melaphyrmandelsteinen; namentlich von St. Andreasberg, Iberg und Ilfeld im Harz, von Freiberg und Bräunsdorf; von Přibram, Kapnik, Schemnitz, Derbyshire, Egremont in Cumberland, Cornwall; vom Oberen See in Nordamerika. Hierher auch der Doppelspath von Island (aus einem Hohlraum im „Dolerit“ von Helgastadir am Eskifjord), der für Nicols Verwendung findet, wofür sonst nur noch wenige andere Vork., z. B. das von Baidar-Thor in der Krim brauchbar sind; ferner der krystallisirte Sandstein, der in den Formen —2R an verschiedenen Orten, Fontainebleau, Brilon, Sievering bei Wien auftritt. Ebenso der krummschalige Schieferspath, der auf Gängen im Gneiss zu Schwarzenberg in Sachsen und zu Kongsberg, sowie auf unregelmässigen Höhlungen im Phonolith von Aussig in Böhmen auftritt.

II. Krystallinischer Kalkspath (Kalkstein) entsprechend mikro- und kryptokrystallinen Varietäten, tritt gesteinsartig auf. Die Abarten desselben werden am besten nach ihrer Structur übersehen. 1. Körniger Kalkspath, mit feinkörnigem bis späthigem Bruch. Hierher Marmor (Statuenmarmor; parischer, pente-

lischer Marmor, von Carrara, Laas und Schlanders in Tirol) und viele körnige Kalksteine (Ornamentmarmor), die lagerartig zwischen archäischen Schiefern aufsetzen, z. B. Auerbach a. d. Bergstrasse, Wunsiedel in Bayern, Pargas in Finland, Åker in Södermanland, New-York, Massachusetts, und häufig ebenso wie solche im Contact metamorphosirten körnigen Kalke durch eigenthümlich blaugraue Farbe und durch grossen Mineralreichthum ausgezeichnet sind; auch die gröber späthigen, auf S. 396 erwähnten Varietäten, Anthrakonit, Siderokonit, Hämakonit gehören hierher. — 2. Faserkalk, durch faserige Structur und Seidenglanz (daher Atlasspath, satinspar) charakterisirt. Alston Moor in Cumberland. Gröber faserige Structur zeigen sehr häufig die Stalaktiten und Kalksinter. — 3. Oolithischer Kalk. Dahin die Pisolithe und Erbsensteine von Laibach, Ofen, Vichy; die oft durch sandiges Bindemittel verkitteten, ausgedehnte Flötze bildenden Rogensteine mancher Formationen, namentlich des unteren Buntsandsteins in der Umgebung des Harzes. — 4. Dichter Kalk, mit muschligem bis splittrigem Br. und in jeglicher Färbung; in ausgedehnten geschichteten Bänken (Schichtkalk) und unregelmässigen Stöcken (Massenkalk) in allen Formationen, meist verunreinigt durch Thonerde (Mergel), Kieselsäure (Kieselkalk), Bitumen (Stinkkalk) etc. Schön gefärbte, geaderte und geflammte Varietäten, wie sie im deutschen Devon (Harz, Westfalen etc.) verschiedentlich vorkommen, finden als „Marmor" Verwendung. Lumachell oder Muschelmarmor von Bleiberg in Kärnten giebt durch eingelagerte Muschelschalen farbige Reflexe. Florentiner Ruinenmarmor ist ungleichmässig durch infiltrirtes Eisenhydroxyd gefärbt. Der lithographische Stein stellt eine gleichmässige und feinkörnige Abart dar. Hierher auch der kegelig abgesonderte Nagelkalk und Tutenmergel, weiter die durch concretionäre Ausscheidung entstandenen, mehr oder weniger regelmässig gestalteten Septarien, Imatrasteine etc. — 5. Gebänderter Kalk. Dichte, z. Th. schön gefärbte Kalksteine, die achatartig gebändert sind: lagenförmige Quellabsätze und Sinterbildungen. Dahin der aus Aegypten stammende orientalische Alabaster des Alterthums und in neuerer Zeit der ähnliche Onyxmarmor aus Mexico. — 6. Poröser, zelliger Kalk. Kalktuff, Duckstein, Travertin; Absatz und Incrustation von kalkhaltigen Quellen und Bächen. — 7. Erdiger Kalk, zerreiblich, mager anzufühlen, flockig. Berg- oder Montmilch, Bergmehl; ferner die Schreibkreide.

Calcit ist meistens sehr leicht (an der vollk. rhomboedr. #) zu erkennen; von ähnlichen Mineralien kommen in Betracht: die übrigen rhomboedr. Glieder der Kalkspathreihe, ferner Aragonit, Anhydrit, Gyps, Schwerspath.

Dolomitspath. Bitterspath z. Th. Braunspath. Perlspath. $(CaMg)CO_3$.

Hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8322$ (Mohs-Zippe). — XX ein- und aufgewachsen, z. Th. sattel-, auch linsenförmig gekrümmt; gewöhnlich und zum Unterschiede von Kalkspath nur $(10\bar{1}1)R$ (106° 51'); an den in Gyps eingewachsenen XX von Hall in Tirol $(40\bar{4}1)4R$, $(0001)oR$; an einigen Fundorten (Binnenthal, Kapnik, Leogang) auch flächenreichere XX mit $(01\bar{1}2)-\frac{1}{2}R$, $(02\bar{2}1)-2R$, $(11\bar{2}0)\infty P2$, $(21\bar{3}1)R3$. Zuweilen treten Formen wie $(52\bar{5}1)R5$ und $\frac{11}{2}P2$ nur mit der Hälfte ihrer Flächen, also rhomboedrisch-tetartoedrisch auf; demnach würden die hemiedrischen XX bereits Ergänzungszwillinge darstellen, worauf auch die Aetzfiguren hinweisen. Zw. nach $(0001)oR$ (Ergänzungszwillinge) sind nicht selten und finden sich z. B. bei Traversella; nach

(02$\bar{2}$1)—*2R* sind gelegentlich Zwillingslamellen eingeschaltet; durch Druck wird keine Zwillingsumstellung bewirkt, daher fehlen auch Zwillingslamellen durchweg im Dünnschliff (Unterschied vom Calcit). — Körnige, stenglige, auch zerreibliche Aggregate; in Pseudomorphosen.

(10$\bar{1}$1)R vollk. Br. muschlig, spröd. H. = 3½—4, G. = 2,85 bis 2,95. Wasserhell bis durchschein.; Glasgl., farblos, weiss und unrein gefärbt: gelb, braun, schwarz. Für Na-Licht $\omega = 1{,}6817$, $\varepsilon = 1{,}5026$.

Gewöhnlich ein sogen. Normaldolomit bestehend aus 1 Mol. $CaCO_3$ (54,35%) + 1 Mol. $MgCO_3$ (45,65%), doch auch andere Mischungsverhältnisse mit weniger, seltener wie im Konit von Freiberg mit mehr $MgCO_3$; ferner häufige Beimischungen von Fe und Mn (Braunspath). Co-haltig bei Přibram. — V. d. L. unschmelzbar, sich kaustisch brennend. Von kalter Säure nur wenig angegriffen, dagegen von heisser Säure leicht und mit lebhaftem Brausen gelöst.

Dolomitspath ist nicht selten auf Erz- und Mineralgängen, ebenso auf Hohlräumen von Eruptivgesteinen. In grosser Verbreitung findet er sich als contactmetamorphisches oder metasomatisches Gestein.

Man kann auch hier wie beim Calcit unterscheiden:

I. Krystallisirter Dolomithspath — Eingewachsene XX: im Gyps von Hall in Tirol und Terruel in Spanien (in beiden Fällen von schwarzer Farbe), ferner in den Chlorit- und Talkschiefern der Alpen, Pfitsch, St. Gotthard. Aufgewachsene XX im derben Dolomit und auf Erzgängen: Binnenthal, Lugano, Fassathal, Traversella, Leogang, Kapnik, Diez, Tharand (Tharandit). Sehr häufig in kleinen perlmutterglänzenden sattligen XX (Perlspath) als jüngste Bildungen auf Erzgängen: Clausthal, Freiberg, Schemnitz.

II. Krystallinischer Dolomit. — Körnige Dolomite (Dolomitmarmor) mehrorts in den Alpen: Binnenthal, Campolongo im Tessin, am Brenner. Als dolomitische Kalksteine, namentlich in paläozoischen, nicht mehr in den jüngsten Formationen (Devon der Eifel, Zechsteindolomite, im Muschelkalk und Jura). — Miemit ist ein kugelig oder ästig gruppirter Dolomit aus dem Gyps von Miemo in Toscana. — Gurhofian, völlig dicht, auf Trümmern im Serpentin von Gurhof in Niederösterreich.

Aehnliche Mineralien: cfr. Calcit.

Ankerit heissen die Braunspäthe, d. h. Fe- und Mn-haltigen Dolomite, welche mehr $FeCO_3$ (32—35%) als $MgCO_3$ (8—16%) und $MnCO_3$ (3—5%) enthalten. In XX (Admont in Steiermark, Dobschau in Ungarn), weit häufiger derb. Bildet oft die Uebergangszone zwischen Kalkstein und den in diesen eingelagerten Spatheisensteinen; daher Rohwand der steierischen Bergleute.

Magnesit. Talkspath. Bitterspath z. Th. Giobertit. $MgCO_3$.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8095$ (Mohs). — XX fast stets eingewachsen; gewöhnlich nur *(10$\bar{1}$1)R* (107° 10′ bis 107° 30′), selten *(10$\bar{1}$0)∞R*, *(11$\bar{2}$0)∞P2*, *(0001)oR*. — In körnigen, stengligen und ganz dichten Aggregaten.

(10$\bar{1}$1)R sehr vollk. H. = 4—4½, G. = 2,9—3,1. Glasgl., durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, gelb, braun, auch schwärzlich.

47,6 MgO, 52,4 CO_2, oft etwas isomorphes Fe, auch Mn und Ca. — V. d. L. unschmelzbar, wenn Fe-haltig magnetisch werdend. Nur als Pulver in warmer Säure löslich.

Man kann 2 Abarten unterscheiden:

1. Krystallisirter und grob krystallinischer Magnesit. In Talk- und Chloritschiefern der Alpen: St. Gotthard, Zillerthal, Pfitschthal, Ultenthal. Im Serpentin von Snarum. Als Lager und Linsen in Thonschiefern von Steiermark, hier bergmännisch gewonnen.

2. Dichter Magnesit. Kryptokrystallin, derb mit muschl. Br. H. = 3—5. Schneeweiss bis gelblich weiss; zuweilen mit Opal durchtränkt. Verwitterungsmineral, im Serpentin und durch dessen Umwandlung hervorgehend. Baumgarten und Frankenstein in Schlesien, Hrubschitz in Mähren, Kraubat in Steiermark, Baldissero (sogen. Baudisserit) in Piemont, in grösster Menge auf Euböa. — Verwendung: zur Gewinnung reiner Kohlensäure, von Bittersalz, zu feuerfesten Ziegeln und zur Fütterung der Birne beim Thomasprosess.

Breunerit, isomorphe Mischungen von Magnesit und Eisenspath; darunter werden noch besonders unterschieden: Mesitinspath 2 $MgCO_3$ + $FeCO_3$, gelbe linsenförmige Rhomboeder von Traversella. — Pistomesit, $MgCO_3$ + $FeCO_3$, derb, körnig, von Flachau bei Radstadt in Salzburg. — Weniger $MgCO_3$ (11—12% MgO) enthält der Sideroplesit von Böhmsdorf bei Schleiz, bei Dienten in Salzburg und von Traversella.

Zinkspath. Smithsonit. Galmei z. Th. Kohlengalmei. $ZnCO_3$.

Hexagonal, rhomboedr.-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8063$ (Wollaston). — XX klein, oft gerundet und rauh, dicht neben einander gruppirt auf der Oberfläche von derben Krusten und Stalaktiten. Gewöhnlich nur $(10\bar{1}1)R$ (107° 40′), daneben $(01\bar{1}2) - \frac{1}{2}R$, $(40\bar{4}1)4R$, selten $(11\bar{2}0)\infty P2$, $(0001)oR$, $(02\bar{2}1)2R$. — Derb, in nierigen, stalaktitischen Formen, in zelligen, schaligen Krusten von körniger, faseriger oder dichter Structur. In Pseudomorphosen nach Calcit (z. B. am Rammelsberg), als Versteinerungsmittel.

$(10\bar{1}1)R$ vollk. Br. uneben bis splitterig; spröd. H. = 5, G. = 4,1—4,5. Glasgl. bis Perlmgl., durchschein. bis undurchs. Farblos, doch meist gelblich, braun, grau, auch grün und orangegelb gefärbt.

64,8 ZnO bezw. 52 Zn; gewöhnlich etwas Fe, Mn, Ca und Mg isomorph eingemischt. Zinkspath von Wiesloch enthält ca. 3% $CdCO_3$. Verunreinigt mit SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3, Kalk und Dolomit. — V. d. L. unschmelzbar, Zn-Reaction. In warmer Säure leicht löslich.

Wichtiges Zinkerz! Auf metasomatischen Lagerstätten in Kalksteinen und Dolomiten aller Formationen, neben Kieselzinkerz, Bleiglanz, Blende, Brauneisen. Altenberg bei Aachen; Brilon, Iserlohn, Bergisch Gladbach; Wiesloch in Baden, Oberschlesien, Olkucz in Polen; Bleiberg, Laurion, Sardinien, nördliches Spanien, Mendip Hills und Matlock in England; vielorts in Algier; Region des oberen Mississippi, Missouri, Arkansas, Pennsylvanien.

Theilweise in Galmei umgewandelte Kalksteine und Dolomite, die durch Eisenoxyde gefärbt werden, heissen wohl rother und gelber Galmei. Durch Malachit pigmentirter, grün gefärbter Zinkspath von Albarradon in Mexico ist Herrerit genannt worden.

Aehnlich können Krusten von Kieselgalmei und auch von Phosphorit werden.

Eisenzinkspath (Monheimit, Kapnit), isomorphe Mischungen zwischen Zink- und Eisenspath. Schmutzig olivengrün bis grünlichgelb. Altenberg bei Aachen.

Eisenspath. Spatheisenstein. Siderit. Sphärosiderit z. Th. $FeCO_3$.

Hexagonal, rhomboedr.-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}8062$ (Wollaston). — XX aufgewachsen, z. Th. schön ausgebildet (Neudorf am Harz), häufig aber verzerrt; meist nur $(10\bar{1}1)R$ (107°, oft sattel- oder linsenförmig gekrümmt), daneben $(02\bar{2}1)2R$, $(40\bar{4}1)4R$, $(01\bar{1}2)-{}^1/_2R$, $(0001)oR$, $(11\bar{2}0)\infty P2$, $(10\bar{1}0)\infty R$. — Derb, in späthigen, grob- und feinkörnigen Aggregaten, in radial struirten Kugeln und Nieren (Sphärosiderit), in dichten, stark mit Thon vermengten, runden und linsenförmigen Concretionen (thoniger Sphärosiderit, Thoneisenstein z. Th.); ferner in Pseudomorphosen, häufiger selbst umgewandelt.

$(10\bar{1}1)R$ vollk. Br. muschlig bis splittrig; spröd. H. $= 3^1/_2-4^1/_2$, G. $= 3{,}7-3{,}9$. Gelblichweiss, gewöhnlich erbsengelb, grau, gelblichbraun, haarblond; durch Verwitterung (Reifen des Spatheisens) braun (Braunerze), wenn Mn-haltig braun- bis blauschwarz (Blauerze), Glas- bis Perlmgl., durchschein. bis undurchs., derbe Massen mit schimmerndem Br. Wirkt schwach auf die empfindliche Magnetnadel.

62,1 FeO bezw. 48,3 Fe und 37,9 CO_2, gewöhnlich aber mit Beimischungen von $CaCO_3$ und $MnCO_3$. Besonders Ca-reiche Varietäten werden als Siderodot (Radstadt in Salzburg), Mn-reiche Varietäten als Oligonspath (Ehrenfriedersdorf) bezeichnet. Gemengt mit Thonerde und Kieselsäure, zu denen dann noch Kohle (bis 35%) hinzutreten kann (Thoneisenstein und Kohleneisenstein oder Blackband). — V. d. L. unschmelzbar, wird magnetisch. Mit Borax Fe-Reaction. Braust mit Säuren.

Wichtiges Eisenerz, namentlich für die Spiegeleisen- und Stahlbereitung. 1. Auf Gängen für sich oder häufiger als Gangart neben sulfidischen Erzen: Siegen, Neudorf und Stolberg am Harz, Lobenstein, Přibram, Cornwall; 2. auf Lagern und Stöcken innerhalb von Kalksteinen archäischer und altpaläozoischer Schiefer und durchweg metasomatischer Entstehung. Spatheisensteinzonen der Ostalpen: Gegend von Friesach und Hüttenberg in Kärnten und zwischen Eisenerz und Vordernberg in Steiermark; 3. als concretionäre Ausscheidung in zusammenhängenden oder aus dicht gehäuften Nieren und Linsen bestehenden Flötzen als Thon- und Kohleneisenstein in allen Formationen, namentlich im Carbon: Spatheisensteinflötz in Westfalen, Thoneisensteine von Middlesborough in Nord-

england (sogen. Cleveland-ore, das wichtigste der einheimischen Eisenerze, ausgezeichnet durch rogensteinartige Structur), von Südwales, im Becken des Aveyron und von St. Etienne, bei Zwickau, in Oberschlesien; als Blackband in England, Westfalen, Banat, Nordamerika. Ferner im Silur Böhmens, im Keuper und braunen Jura Oberschlesiens, im Lias des nordwestlichen Deutschlands, in der unteren Kreide am Nordabhang der Karpathen etc.; 4. als Sphärosiderit auf Höhlungen und Klüften von Basalt: Steinheim, Bilin, Kolosoruk.

Manganspath. Himbeerspath. Rodochrosit. Dialogit. $MnCO_3$.

Hexagonal, rhomboedrisch. $a : c = 1 : 0,8183$ (Mohs). — XX meist klein, aufgewachsen in Drusen, oft sattel- oder linsenförmig gekrümmt; gewöhnlich nur $(10\bar{1}1)R$ (im Mittel 107°); die schönen XX der Grube Eleonore bei Horhausen mit herrschendem $(21\bar{3}1)R3$; daneben $(01\bar{1}2) -\frac{1}{2}R$; seltener $(0001)oR$, $(11\bar{2}0)\infty P2$, $(40\bar{4}1)4R$. — Derb in körnigen, spätigen und ganz dichten Aggregaten; in radial struirten Kugeln und Nieren; glaskopfartig, in Rinden und Krusten; in Pseudomorphosen.

\# $(10\bar{1}1)R$ vollkommen. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$, G. = 3,3—3,6. Sehr selten farblos, fast stets gefärbt, gewöhnlich schmutzig grau, gelb, braun, roth, auch grün, in reineren Varietäten, in XX und Krusten himbeer- bis licht rosenroth, durch Verwitterung schwarz. Glasgl., durchscheinend.

61,7 MnO bezw. 47,8 Mn und 38,3 CO_2, gewöhnlich mit isomorpher Beimischung von Ca (bis 25%, Manganocalcit), von Mg und besonders von Fe (Oligonspath) und mechanisch gemengt mit Quarz und Kieselmangan. — V. d. L. unschmelzbar, grünlichgrau bis schwarz werdend. Mn-Reaction. In warmer Säure leicht löslich.

Neuerdings wichtiges Manganerz für die Darstellung von Spiegeleisen und Ferromangan. — Gelegentlich und untergeordnet als jugendliches Mineral auf Erzgängen: Horhausen, Oberneisen und Hambach bei Diez, Freiberg, Kapnik etc., und als charakteristisches Gangmineral mancher siebenbürgischen Goldgänge z. B. Nagyag. In grösserer Masse auf selbständigen Lagerstätten, meist in innigem Gemenge mit Kieselmangan und Quarz; wichtige Typen sind 1. lagerförmig zwischen Thonschiefern vielorts in der südspanischen Provinz Huelva, auch in den Pyrenäen; 2. als metasomatische Lager in Kalksteinen, an mehreren Punkten der französischen Pyrenäen, besonders bei Las Cabesses im Dép. de l'Ariège; 3. flötzartig in Verknüpfung und im Uebergang mit Kieselschiefern. Schäbenholz bei Elbingerode und Lautenthal im Harz.

Kobaltspath (Sphärocobaltit). $CoCO_3$. Hexag., rhomboedrisch. Grobstrahlige Kugeln, deren sammetschwarze Oberfläche in winzigen Rhomboedern endigt. Im Innern pfirsichblüthroth. 49,8 Co. Schneeberg in Sachsen.

b) **Aragonitreihe.** Rhombisch.

Aragonit. $CaCO_3$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6224 : 1 : 0{,}7206$ (Kokscharow). — XX eingewachsen und aufgewachsen, gewöhnlich nach der Verticalaxe gestreckt mit domatischer (meisselartiger) oder spitzpyramidaler (spiessiger) Endigung; häufig strahlig und nadelig (Fig. 409—411). Häufigere Flächen:

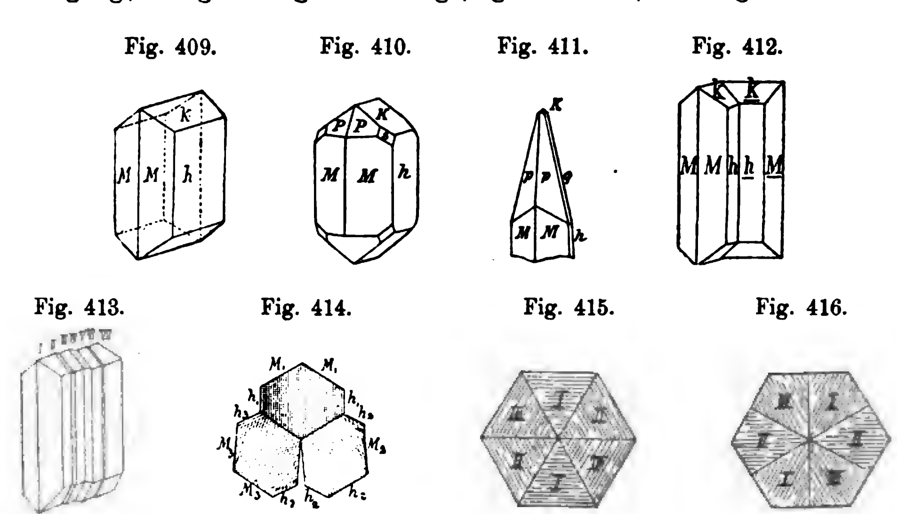


Fig. 409. Fig. 410. Fig. 411. Fig. 412.

Fig. 413. Fig. 414. Fig. 415. Fig. 416.

$M = (110)\infty P$ mit 116° 12′, $h = (010)\infty \breve{P}\infty$, $k = (011)\breve{P}\infty$ mit 108° 27′ oben, $i = (021)2\breve{P}\infty$, $P = (111)P$, $s = (121)2\breve{P}2$, $p = (9.12.2)6\breve{P}\frac{4}{3}$, $o = (001)oP$, ausserdem noch steilere Bipyramiden und verschiedene Längsdomen. Habitus oft hexagonal, theils durch Combination theils durch Zwillingsbildung. — Zw. nach $M = (110)\infty P$ gemein, weit häufiger als einfache XX und meist wiederholt; entweder polysynthetische Viellinge mit lamellarer Verkürzung einzelner Individuen und gern an domatisch begrenzten Individuen vertreten (Fig. 412 u. 413), XX von Horschenz bei Bilin, oder cyclische Drillinge und Sechslinge mit basaler Endigung wie die XX von Dax, Molina und Herrengrund. Bei diesen cyclischen Zw. durchkreuzen sich die Individuen in mannichfacher Weise (Fig. 414—416), und erzeugen dabei anscheinend hexagonale Formen (Prisma und Basis), die aber an ihren unregelmässigen Verwachsungsnähten, an Längsfurchen und an der dreifachen Streifung auf der Basis gekennzeichnet sind. — Derb in strahligen, stengligen und faserigen Aggregaten, stalaktitisch und ästig; in Sinterkrusten (Sprudelstein) und als kugliger Erbsenstein (Pisolith). Pseudomorphosen nach Gyps (sogen. Schaumkalk oder Aphrit) und Kalkspath, häufiger selbst in Kalkspath umgewandelt, auch in ged. Kupfer.

$(010)\infty\breve{P}\infty$ nicht sehr deutlich, nach $(110)\infty P$ noch weniger

deutlich. Br. muschlig, spröd. H. = 3½—4, G. = 2,9—3. Farblos, weiss, weingelb, röthlich, grün, bläulich, grau und schwarz. Glasgl., auf den Bruchflächen Fettgl.; durchs. bis durchschein., sonstiges optisches Verhalten cfr. S. 193.

Chem. Zus. wie Kalkspath mit häufiger isomorpher Beimischung von Sr, was nach früherer Annahme die rhombische Form bedingen sollte; ferner von Fe und Mn, auch von Zn. — In Säuren unter Brausen leicht, aber doch schwerer als Calcit löslich; zerfällt v. d. L. zu pulverförmigen Kalkspathkörnern.

Weniger häufig als Calcit und nicht gesteinsbildend; scheidet sich im Gegensatz zu diesem gern aus heissen Lösungen ab. 1. Auf Klüften und Hohlräumen neben Zeolithen in jüngeren Eruptivgesteinen, namentlich Basalt und Basalttuff. Horschenz in Böhmen, Blaue Kuppe bei Eschwege, Sasbach am Kaiserstuhl. Ebenfalls aufgewachsen auf Klüften im Serpentin, Baumgarten in Schlesien. 2. Auf Erzlagerstätten, und zwar auf metasomatischen Brauneisenlagern, Kamsdorf, Iberg; auf Spatheisenlagern zuweilen als korallenartig aussehendes Auslaugungsproduct: Eisenblüthe von Hüttenberg in Kärnten; auf Erzgängen nicht häufig: Leogang in Salzburg, Herrengrund in Ungarn, Dognazka im Banat, Alston Moor. 3. Eingewachsen in Thon mit Gyps. Molina in Aragonien, Bastennes bei Dax im Dép. des Landes; in den Schwefellagern Siciliens. 4. Häufig als Absatz heisser Quellen in concentrisch schaligen und radialstrahligen Kugeln und lagenförmigen Krusten. Sprudel- und Erbsenstein von Karlsbad. 5. Als Perlmutterschicht mancher Moluskenschalen.

Aehnliche Mineralien: Kalkspath (verschieden nach #, spec. Gew., Löthrohrverhalten, Löslichkeit und u. d. Mikrosk.), Strontianit, Coelestin, Baryt und Natrolith.

Tarnowitzit, isomorphe Mischung von $CaCO_3$ und $PbCO_3$ (bis zu 9%); weisse rhombische Prismen mit pyramidaler Begrenzung und strahlige, weisse oder grünliche Aggregate. Friedrichsgrube bei Tarnowitz.

Witherit. $BaCO_3$.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0,6032:1:0,7302$ (Des Cloizeaux). — ⟩⟨ bilden in Folge cyclischer Drillingsverwachsung nach *(110)∞P* scheinbare hexagonale Bipyramiden (Fig. 417). *(110)∞P* (117° 48′), *(021)2P̆∞*, *(001)oP* und *(111)P*. — Derb, in traubigen, nierenförmigen und kugligen Formen mit strahliger, faseriger, auch blätteriger Structur.

Fig. 417.

(110)∞P unvollk., Br. uneben; spröd. H. = 3½, G. = 4,2—4,3. Farblos, weiss, grau- und gelblichweiss, Glasgl. oder matt, auf dem Br. Fettgl. Durchschein. Opt. A-E = *(010)∞P̆∞*. Axenwinkel = 26° 30′.

77,68 BaO, 22,32 CO_2. — V. d. L. leicht schmelzend, die Flamme gelblichgrün färbend. Lösungen werden durch Schwefelsäure gefällt.

Auf Bleiglanzlagerstätten des Kohlenkalks im nordwestlichen England: Fallowfield bei Hexham in Northumberland, Dufton in Westmoreland, Alston Moor in Cumberland; sonst selten, z. B. noch zu Peggau in Steiermark und Leogang in Salzburg. Giftig!

Alstonit, isomorphe Mischung von $BaCO_3$ (66,4%) und $CaCO_3$. Farblos bis graugelb. Bromley Hill bei Alston und Fallowfield.

Strontianit. $SrCO_3$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6090 : 1 : 0{,}7239$ (Naumann). — XX nadelig, spiessig. *(110)*∞*P* mit 117° 19′, *(011)P*∞̆, *(021)2P*∞̆ und mehrere Bipyramiden, scheinbar hexagonale Formen bildend. Zw. nach *(110)*∞*P* und cyclische Verwachsungen wie am Aragonit. — Büschelig aggregirt und derb mit faseriger, strahliger Structur.

(110)∞*P* undeutlich, Br. muschlig, spröd. H. = 3½, G. = 3,6 bis 3,8. Farblos, weiss, graulich, gelblich, häufig grünlich. Glasgl., auf dem Br. fettartig. Durchs. bis durchschein. Optisches Verhalten wie Aragonit; Axenwinkel = 12°.

70,17 SrO, 29,83 CO_2 mit etwas $CaCO_3$. Mehr $CaCO_3$ enthält der Calciostrontianit (Emmonit). — V. d. L. nur an Kanten schmelzend, die Flamme roth färbend. In Säuren unter Brausen leicht löslich und noch bei starker Verdünnung Niederschlag mit Schwefelsäure.

Auf Erzgängen als jüngere Bildung, namentlich auf Baryt. Clausthal, Grund am Harz, Freiberg, Strontian in Argyleshire, Leogang in Salzburg. Auf selbständigen Gängen im senonen Mergel des Münsterschen Beckens: Hamm. Zuckergewinnung aus der Melasse!

Aehnliche Mineralien: cfr. Aragonit.

Weissbleierz. Cerussit. $PbCO_3$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6100 : 1 : 0{,}7230$ (Kokscharow). — XX einzeln aufgewachsen oder zu Gruppen und Bündeln verbunden,

Fig. 418.

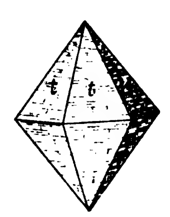


Fig. 419.

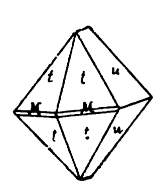


Fig. 420.

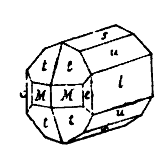


Fig. 421.

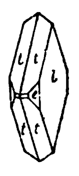
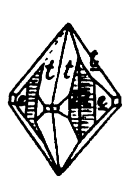


Fig. 422.



mit pyramidalem, scheinbar hexagonalem Habitus durch Combination von *t* und *u* (Fig. 418 u. 419) oder prismatisch nach der Längsaxe (Fig. 420), häufig tafelig nach der Längsfläche (Fig. 421); gern auch nadelig und spiessig. *t* = *(111)P* mit 130° vorn und 108° 28′ Mittelkante, dazu

zahlreiche Flächen aus der Zone der Längsaxe, die eine charakteristische Längsstreifung erzeugen, wie $u = (021)2P\breve{\infty}$ 69° 20′, $P = (011)P\breve{\infty}$ 108° 16′, $s = (012)^1|_2 P\breve{\infty}$ 140° 15′, $l = (010)\infty P\breve{\infty}$, $k = (001)oP$; ferner $M = (110)\infty P$ 117° 14′, $e = (130)\infty P\breve{3}$, $g = (100)\infty P\bar{\infty}$. — Zw. sehr häufig nach $(110)\infty P$; cyclische Drillinge (Fig. 422), die bei tafeliger Ausbildung der XX, je nachdem sie sich durchdringen oder nur an einander legen, stern-, fächer-, auch wabenartige Verwachsungen liefern. Seltener Zw. nach $(130)\infty P\breve{3}$. — Derb, nierenförmig, stenglig, cylindrisch oder bündelförmig aggregirt; als dünner Ueberzug (sogen. Bleiglimmer); in Pseudomorphosen, namentlich nach Bleiglanz.

$(110)\infty P$ und $(021)2P\breve{\infty}$, wenig auffällig, Br. muschlig, spröd. H. = 3—3 ½, G. = 6,4—6,6. Farblos, weiss, grau, gelb, braun, zuweilen durch Kohle oder Bleiglanzpartikel schwarz gefärbt (sogen. Schwarzbleierz). Str. weiss. Fettiger Diamantgl. Durchs. bis durchschein. Opt. A-E = $(010)\infty P\breve{\infty}$. Erste Mittellinie = c; opt. negativ; Axenw. = 18°, wird beim Erwärmen grösser.

83,5 PbO, 16,5 CO_2. — V. d. L. zerknisternd, gelb werdend; auf Kohle Pb-Beschlag und zu metallischem Blei reducirt. In Salpetersäure unter Brausen löslich.

Stellenweise (Leadville, Broken Hill etc.) wichtiges Bleierz, namentlich am Ausgehenden von Bleiglanzlagerstätten und besonders im eisernen Hut von Gängen, daher an Stätten alten Bergbaues, z. B. bei Clausthal und Zellerfeld nicht mehr zu finden. — Oberharz, Siegen mehrorts, Friedrichssegen bei Braubach, Ems, Hausbaden bei Badenweiler, Diepenlienchen bei Aachen, Johann-Georgenstadt, Tarnowitz, Přibram und Mies in Böhmen, Kirlibaba in der Bukowina; Leadhills in Schottland, Nertschinsk, zu Leadville in Colorado und in Arizona in grösserer Menge. Als Umwandlungsmineral des Knottenerzes und als Bindemittel von Sandstein bei Commern; auch als Neubildung.

Aehnliche Mineralien: Scheelit, Cölestin, Baryt, Anglesit; die charakteristische Zwillingsbildung macht den Cerussit meist leicht kenntlich.

Bleierde, erdiger, durch Thon, Kalk, Eisenoxyd etc. verunreinigter und etwas Wasser haltender Cerussit, bildet rundliche Massen und derbe Partien. Vielorts: Kall in der Eifel, Olkucz, Nertschinsk, Phönixville, Pa.

Iglesiasit, ca 7% $ZnCO_3$-haltiger Cerussit vom Monte Poni bei Iglesias auf Sardinien.

Barytocalcit. $BaCO_3 . CaCO_3$. Monoklin. $\beta = 120° 26'$. — XX klein, prismatisch nach (110)∞P (84° 52′), auf Drusen und in stenglig-körnigen Aggregaten. # (111)P vollk., H. = 4, G. = 3,63—3,66. Gelblichweiss. Glasgl., durchscheinend. Vom Alstonit chemisch durch gleiche Moleküle beider Carbonate unterschieden. Alston. Långban.

Bismutosphaerit. Bi_2CO_5. Kam früher zu Neustädtel bei Schneeberg in gelben bis braunen, feinfaserigen Kügelchen mit einem Wismuthkorn als Centrum vor; auch von Guanaxuato.

2. Abtheilung. **Basische und wasserhaltige Carbonate.**

Die nachstehenden Mineralien liefern bei der Analyse Wasser, das für einen Theil als Krystallwasser, für einen anderen als basisches Wasser, d. h. dessen Wasserstoff als Vertreter der Metalle gedeutet wird.

Thermonatrit (Urao z. Th.). $Na_2CO_3 . H_2O$ mit $14{,}5 H_2O$. Rectanguläre rhombische Tafeln, gewöhnlich aber nur krystallinisch, in mehliger, flockiger Ausbildung. # (010)∞P̆∞. H. = 1½, G. = 1,5. Farblos, weiss. Schmilzt nicht in der Wärme. Natronseen Aegyptens und Ostindiens; aus den Lagunillas von Merida in Venezuela. Bodenausblühung bei Debreczin.

Natron. Kohlensaures Natron. Soda. $Na_2CO_3 . 10 H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}4828 : 1 : 1{,}4001$. $\beta = 121° 8'$ (Haidinger). — In der Natur nur als körnig-stenglige Krusten oder mehlige Ueberzüge, als Ausblühung des Bodens.

(100)∞P̆∞. Br. muschlig, milde. H. = 1—1½, G. = 1,4—1,5. Farblos, graulich oder gelblichweiss. Glasgl., durchs. bis durchschein.

54,5 H_2O. Schmilzt im eigenen Krystallwasser. Löst sich leicht im Wasser und verwittert an der Luft zu Thermonatrit.

Scheidet sich aus den Natronseen Aegyptens, Nord- und Südamerikas ab; Efflorescenz des Bodens bei Szegedin und Debreczin, in der Araxesebene in Armenien, auf recenten Laven am Vesuv, Aetna, auf Teneriffa, selten auf älteren Gesteinen wie auf Gneiss bei Bilin.

Trona (Urao z. Th.). $3 Na_2O, 4 CO_2 . 5 H_2O$ mit $19{,}9 H_2O$. Monoklin. $\beta = 120° 37'$. ✕✕ tafelig oder querdomatisch, gewöhnlich krystallinische Krusten. # (100)∞P̄∞. H. = 2½, G. = 2,1. Farblos, weiss, gelb. Verwittert nicht an der Luft. Fezzan (hier als Baustein dienend); Natronseen Aegyptens und Ostindiens; Lagunillas von Merida in Venezuela.

Gaylüssit (Natrocalcit). $Na_2CO_3 . CaCO_3 . 5 H_2O$ mit $30{,}4 H_2O$. Monoklin. $\beta = 101° 33'$. ✕✕ eingewachsen mit vorherrschender Hemipyramide und verzerrt. # (110)∞P unvollk. Br. muschl. H. = 2½, G. = 1,9. Farblos, weiss, grau, gelb. Durchsichtig. In Wasser lässt sich Na_2CO_3 auslaugen; schmilzt v. d. L. und färbt die Flamme röthlichgelb. Lagunilla bei Merida und in Nevada. Als Pseudomorphosen von Calcit (Pseudogaylüssit, Thinolith, sogen. Gerstenkörner) in Thonen von Sangerhausen, Amt Gehren und Königsee im Thüringerwalde, im Marschboden von Schleswig und am Dollart. Nach Des Cloizeaux sollen dies jedoch Pseudomorphosen nach Cölestin, nach Groth solche nach Anhydrit sein. Bildet sich auch künstlich in Sodafabriken beim Leblanc-Process.

Pirssonit. $Na_2CO_3 . CaCO_3 . 2 H_2O$ mit $14{,}88 H_2O$. Rhombisch hemimorph. H. = 3—3½, G. = 2,35; sehr spröd. Farblos oder weiss, Glasgl. In ✕✕ (bis 15 mm lang) aus Thon der Boraxseen Californiens.

Dawsonit. $Na_2O, Al_2O_3, 2 CO_2 . 2 H_2O$. Monoklin? in dünnblätterigen und faserigen Aggregaten, weiss, glasglänzend. Auf Klüften eines Feldspathganges bei Montreal in Canada; aus zinnoberführenden Dolomiten von Monte Amiata.

Hydromagnesit. $3 MgCO_3 . Mg(OH)_2 . 3 H_2O$ mit $19{,}78 H_2O$. Monoklin. $\beta =$ ca. $90°$. ✕✕ klein, undeutlich, nadelig, stenglig; derb, als Ueberzug und in

platten Knollen. Br. erdig. H. = $1\frac{1}{2}$—2, G. = 2,15. Weiss. Verwitterungsproduct des Serpentins. Kumi auf Negroponte, Hoboken in New-Jersey, Hrubschitz in Mähren, Kraubat in Steiermark etc. — Der derbe dichte Baudisserit von Baldissero in Piemont ist mit Opalsubstanz durchtränkter Hydromagnesit; Lancasterit von Lancaster, Pa., ist ein Hydromagnesit, gemengt mit Brucit, Hydromagnocalcit (Hydrodolomit) vom Vesuv ein solcher mit dolomitischem Kalk. — Vom Hydromagnesit durch höheren Wassergehalt unterschieden ist Lansfordit (57,56 H_2O), aus einer Anthracitgrube bei Lansford, Pa., bildet weisse durchscheinende Stalaktiten, die oberflächlich in trikline XX auslaufen und sich zu einem faserigen, Nesquehonit $MgCO_3 . 3H_2O$ genannten Aggregat rhombischer XX umsetzen. Die Zusammensetzung des Nesquehonit hat auch der Hydrogiobertit von Pollena in Italien.

Uranothallit (Urankalkcarbonat) $2CaCO_3 . U(CO_3)_2 . 10H_2O$. Rhombisch. Zeisiggrün, in sehr kleinen sechsseitigen Blättchen und Prismen, sowie als Anflug auf Uranpecherz von Joachimsthal. — Randit von Frankford bei Philadelphia und Liebigit von Adrianopel sind nur in ihrem quantitativen Verhältniss von Uranothallit unterschieden. — Voglit von der Eliaszeche bei Joachimsthal enthält ausserdem noch etwas Cu. — Schröckingerit, ebenfalls von Joachimsthal, rhombisch, in sechsseitigen Tafeln ist wasserhaltiges Urancarbonat.

Lanthanit (früher Hydrocerit) $La_2O_3, 3CO_2 . 9H_2O$. Rhombisch, in kleinen quadratischen Tafeln; derb, in körnig-blätterigen Aggregaten und erdig. ⋕ (001)oP vollk., H. = 2, G. = 2,6. Weiss ins Gelbe und Graue; auch rosenroth; Perlmuttergl. oder matt. Durchscheinend, v. d. L. unschmelzbar, sich bräunend. In Säuren löslich. Mit Cerit auf der Bastnäs-Grube bei Riddarhyttan; Bethlehem, Pa.; Canton-Grube, Georgia.

Tengerit, soll Yttriumcarbonat sein, als Beschlag auf Gadolinit von Ytterby.

Zinkblüthe. Hydrozinkit. $ZnCO_3 . 2Zn(OH)_2 . (= 3ZnO . CO_2 . 2H_2O)$.

Krystallform (?), nur in Aggregaten. Derb, erdig (kreideartig) oder dicht, in schaligen, gebänderten und löcherigen Krusten, nierenförmig und stalaktitisch, sowie als Anflug. Etwas spröde; H. = 2—$2\frac{1}{2}$, G. = 3,25. Schneeweiss und blassgelb. Str. glänzend.

Basisches Zinkcarbonat, dessen Formel noch nicht sicher gestellt ist; ca. 75 ZnO bezw. 60 Zn und 11 H_2O. — V. d. L. unschmelzbar.

Auf metasomatischen Galmeilagerstätten als Verwitterungsproduct des Galmeis oder als Krusten und stalaktitische Bildungen auf Hohlräumen: Raibl und Bleiberg; Oberschlesien, Wiesloch in Baden; vielorts im nördlichen Spanien in den Provinzen Guipuzcoa und Santander, auf Sardinien, in Algier, in Pennsylvanien etc. — Bei Ramsbeck in Westfalen weisse erdige Ueberzüge auf blendehaltigem Ganggestein.

Aurichalcit. Im Wesentlichen eine Zinkblüthe, bei der ein Theil Zn durch Cu ersetzt ist; ca. 28 CuO. Undeutliche nadelige XX. H. = 2; spangrün; perlmutterglänzend, durchscheinend. Auf Brauneisen und Kalkspath bei Loktewsk im Altai. — Messingblüthe, in lichtgrünlichblauen, faserigen Aggregaten enthält ca. 18 CuO. Santander. — Buratit enthält ausserdem noch CaO. Nadelige XX, faserige und kryptokrystalline Aggregate. Himmelblau, auch spangrün; perlmuttergl. Neben Aurichalcit von Loktewsk; Framont; Chessy; Volterra.

Wiserit, wasserhaltiges $MnCO_3$; gelblichweisse bis röthliche faserige Aggregate, seidengl., auf Klüften von Hausmannit. Bei Sargans in der Schweiz.

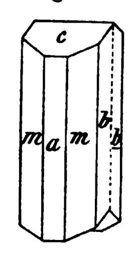
Nickelsmaragd (Zaratit, Texasit). $3NiO.CO_2.6H_2O$ mit 59,6NiO. Als smaragdgrüne Rinde auf Chromeisen von Texas, Pa. Cap Ortegal in Spanien; Insel Unst; Tasmanien.

Remingtonit, wasserhaltiges Kobaltcarbonat. Finksburg in Maryland.

Malachit. $CuCO_3.Cu(OH)_2$ (= $2CuO.CO_2.H_2O$).

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0,8809 : 1 : 0,4012$. $\beta = 118^0\ 10'$ (DES CLOIZEAUX). — XX meist nadelig und haarförmig, mit verbrochenen Enden; zu Büscheln und Bündeln vereint. $m = (110)\infty P$ $104^0\ 20'$, $a = (100)\infty P\bar{\infty}$, $b = (010)\infty P\breve{\infty}$, $c = (001)oP$. Zw. nach $(100)\infty P\bar{\infty}$, mit einspringenden Basisflächen sehr gewöhnlich (Fig. 423). — Derb in nierigen, traubigen, stalaktitischen Aggregaten, oft mit glaskopfartiger Oberfläche, mit blätteriger, häufiger radialfaseriger, auch dichter Structur und schaliger Zusammensetzung; als erdiger Beschlag und Anflug. Pseudomorphosen nach oxydischen und sulfidischen Kupfererzen (Cuprit, Chessy; Atakamit, Bogoslowsk; Kupferglanz, Redruth; Fahlerz, Bieber), nach Azurit, Calcit, Cerussit etc.

Fig. 423.



$(001)oP$ und $(010)\infty P\breve{\infty}$ vollk. Br. muschlig. Spröd. H. = $3\frac{1}{2}$—4, G. = 3,7—4,1. XX schwärzlichgrün, Glasgl.; Aggregate smaragdgrün, seidenglänzend oder matt, Str. lichter grün. Durchschein. bis undurchs.

Basisches Salz. 71,9 CuO bezw. 57,4 Cu, 19,94 CO_2, 8,16 H_2O. Giebt im Kolben Wasser und wird schwarz; schmilzt v. d. L. auf Kohle und reducirt sich zu Kupfer. In Säuren und Ammoniak löslich.

Häufiges Kupfererz, selten aber in grösserer Masse, wie am Ural, von wo ein Stück von 1500 kg in Petersburg aufbewahrt wird. Am Ausgehenden von Gängen (im eisernen Hut), namentlich in Höhlungen von Brauneisenerzen. Im Siegenschen (bei Betzdorf schöne XX), Rheinbreitbach, Dillenburg. Lauterberg am Harz; Saalfeld; Olsa in Kärnten; Rezbánya; Chessy; Cornwall. Nischne-Tagilsk und Gumeschewsk im Ural; vielorts in Amerika und Australien. — Als Imprägnation im Buntsandstein von St. Avold und Wallerfangen bei Saarlouis und im permischen Kupfersandstein Russlands.

Kalkmalachit, Gemenge mit Kalkspath und Gyps, traubig, nierig; früher von Lauterberg am Harz. Atlasit, derb, dünnstenglig, ein in Malachit übergehender Atakamit. Chañarcillo.

Aehnliche Mineralien: Phosphorchalcit und einige andere Kupferphosphate und -arseniate; Kupferuranit.

Kupferlasur. Azurit. Chessylith. $2(CuCO_3).Cu(OH_2)$ (= $3CuO.2CO_2.H_2O$).

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0,8502 : 1 : 0,8805$. $\beta = 92^0\ 24'$ (GOLDSCHMIDT). — XX meist kurzsäulig und nach der Queraxe gestreckt

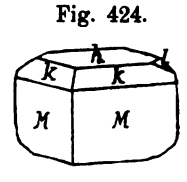


Fig. 424.

oder dicktafelig; ein- und aufgewachsen; zu kugligen Gruppen verbunden. Gewöhnliche Comb. $M = (110)\infty P$, $k = (111) -P$, $h = (001)oP$, $l = (013)\,{}^1\!/\!_3 P\breve{\infty}$. Zw. nach $(102)\,{}^1\!/\!_2 P\bar{\infty}$, vereinzelt bei Chessy. — Derb und eingesprengt, dicht, erdig, strahlig in nierigen, traubigen Formen und als Anflug. Pseudomorphosen nach Cuprit, Fahlerz, Dolomit.

$(011)P\breve{\infty}$ ziemlich vollk. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 3½—4, G. = 3,7—3,8. XX lasurblau, derb und im Str. smalteblau; Glasgl., durchschein.

Basisches Salz. 69,19 CuO bezw. 55,2 Cu und 25,58 CO_2, 5,23 H_2O. Löthr.-Verh. wie Malachit.

Vorkommen wie Malachit, in den die Lasur sich leicht durch Aufnahme von Wasser und Verlust von Kohlensäure umwandelt. Besonders schöne XX von Chessy. Moldowa im Banat; Kolywan und Nischne Tagilsk; Burraburra-Grube bei Adelaide. Als Imprägnation im Buntsandstein von St. Avold und Wallerfangen, in den permischen Kupfersandsteinen Russlands.

Die oft zu beobachtende Umwandlung in Malachit erfolgt nach der Formel 2 Mol. Lasur + 1 Mol. H_2O — 1 Mol. CO_2 = 3 Mol. Malachit. Gemälde, bei denen Lasur gebraucht war, werden mit der Zeit grün. Aehnliche Mineralien: Linarit (scheidet beim Betupfen mit Salzsäure weisses $PbCl_2$ aus), Vivianit, Lasurstein.

Hydrocerussit. $2(PbCO_3) . Pb(OH)_2$. Farblose bis weisse Blätter mit vollk. #, auf gediegenem Blei von Långban. — Plumbonacrit scheint ein Gemenge mit PbO zu sein.

Selbit (Grausilber) von Real de Catorce in Mexico, grau, pulverförmig, ist wahrscheinlich kein Silbercarbonat, sondern ein Gemenge von Silberglanz, Dolomit, Braunspath. Das Gleiche gilt auch für das Vorkommen von Altwolfach in Baden.

Wismuthspath (Bismutit z. Th.) umfasst mehrere wasserhaltige Bi-Carbonate mit noch nicht sicher gestellten Formeln von derber, dichter und faseriger oder erdiger Beschaffenheit. — Der Bismutit von Ullersreuth, Schneeberg und Johann-Georgenstadt findet sich als Ueberzug und in Pseudomorphosen nach ged. Wismuth; sehr spröd. H. = 4—4½; gelblichgrau, strohgelb bis zeisiggrün. — Der Wismuthspath aus den Goldgruben Süd-Carolinas ist galmeiähnlich, porös und zellig. Derbe Massen neuerdings aus Queensland.

C. Selenite. Selenigsaure Salze.

Chalkomenit. $CuSeO_3 . 2H_2O$. Monoklin. $\beta = 90° 51'$. XX sehr klein, zu Krusten gehäuft. (110)∞P (108° 20'), (100)∞P$\bar{\infty}$, ($\bar{1}$01)P$\bar{\infty}$, (001)oP; ausserdem mehrere vordere Hemipyramiden. G. = 3,76. Durchs. XX blau, sonst blaugrün. Auf einem buntkupfererzähnlichen Mineral (Umangit?) im Cerro de Cacheuta und in schmalen Trümmern im Umangit der Sierra de Umango in Argentinien. — In Begleitung des Chalkomenit von Cacheuta finden sich noch Molybdomenit, wahrscheinlich Bleiselenit in weissen perlmutterglänzenden Blättchen und Cobaltomenit wahrscheinlich Kobaltselenit in kleinen monoklinen, pfirsichblüthfarbenen Kryställchen.

VII. Klasse. Sulfate, Chromate, Molybdate, Wolframate, Uranate.

Mineralien von verschiedenem, sehr selten metallischem Habitus, die wegen des gleichartigen Typus ihrer dihydrischen Säure H_2RO_4 und wegen häufiger Isomorphie ihrer analogen Salze zu einer Klasse vereinigt werden.

A. Sulfate einschliesslich Selenate und Tellurate.

Abgesehen von den Sulfaten des Eisens, Kupfers, und wenigen anderen gehören hierher farblose oder zufällig gefärbte Mineralien mit nicht metallischem Habitus und geringer Härte (bis 4). Ein grösserer Theil ist in Wasser löslich; reagiren auf Schwefelsäure. Vorkommen mannichfach; einzelne treten gesteinsbildend auf, andere sind Gangmineralien; viele finden sich als Absätze des Meeres, salinischer Gewässer, als Ausblühung und als Producte vulkanischer Thätigkeit.

1. Abtheilung. **Wasserfreie Sulfate.**

Glaserit (Arcanit, Kaliumsulfat). K_2SO_4, kommt in der Natur nur mit Na_2SO_4 (bis 40%) gemischt vor, ist dimorph: hexagonal rhomboedrisch als Glaserit (Aphtalose), tafelig nach (110)∞P als vulkanisches Salz, auf Vesuvlaven und von Racalmuto bei Girgenti im tertiären Steinsalz, ferner secundäres Salz bei Stassfurt; und rhombisch als Arcanit mit pseudohexagonalem Habitus, nur als künstliches Salz bekannt.

Thenardit (Natriumsulfat). Na_2SO_4. Rhombisch, gilt wohl als isomorph mit Arcanit, aber doch wesentliche Winkelunterschiede. XX zu Drusen gruppirt, häufiger krustenartig. Scheidet sich im Sommer aus den Salinen von Espartinas bei Aranjuez ab; aus den Wüsten von Peru, Bolivia, Arizona; vom Balkasch-See und im Kaukasus. — Hanksit (vergl. S. 381) ist chemisch ein Thenardit mit etwas Na_2CO_3 und KCl; bildet hexagonale XX und Aggregate, weisslich durchscheinend, aus dem Borax-See in San Bernardino Co, Californien.

Mascagnin. $(NH_4)_2SO_4$, isomorph mit Arcanit. Gewöhnlich in Krusten und stalaktitisch. Mild. Auf Laven des Vesuvs und Aetnas; in den Soffionen Toscanas; bei Steinkohlenbränden. —

Misenit, wahrscheinlich Kaliumbisulfat. Weisse seidenglänzende Ausblühung im vulkanischen Tuff der Grotte von Miseno bei Neapel. Das künstliche Salz ist dimorph: rhomboedrisch und monoklin.

Glauberit. $Na_2SO_4 . CaSO_4$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}2209 : 1 : 1{,}0270$. $\beta = 112^0\ 11'$ (Groth). — XX dick tafelig nach der Basis *(100)oP*, dazu in Combination

(111)—*P* mit Streifung parallel den Basiskanten, *(110)*∞*P* u. a. Nierige und schalige Aggregate.

(001)oP vollk. Br. muschlig. H. = 2½—3, G. = 2,7—2,8. Glasgl. bis Fettgl.; durchschein. Farblos, meist aber weiss, grau, gelb, fleisch- bis ziegelroth. Geschmack salzig bitter.

51 Na_2SO_4, 49 $CaSO_4$. Scheidet beim Auflösen in Wasser Gyps ab; an der feuchten Luft bildet sich eine mehlige Rinde von Glaubersalz.

In schönen XX im Steinsalz zu Villarubia in Spanien, in knotigen Concretionen zu Vic in Lothringen, als secundäres Salz bei Stassfurt, als fleischrothe blätterige Aggregate von Berchtesgaden, Ischl; ferner im Pendschab, in Peru. Wird zur Sodafabrikation benutzt.

Langbeinit. K_2SO_4, 2 $MgSO_4$. Regulär, tetartoedrisch. Selten in XX, meist nur in körnigen Aggregaten. H. = 3—4, G. = 2,83. Farblos mit Fettglanz. Gelegentlich auf den Kalisalzlagerstätten nördlich des Harzes.

Schwerspath-Gruppe.

RSO_4, wo R = Ca, Ba, Sr und Pb. Rhombisch. Die Sulfate von Ba, Sr und Pb, nämlich Schwerspath, Coelestin und Bleivitriol zeigen alle charakteristischen Merkmale der Isomorphie und bilden 3 ausgezeichnete isomorphe Glieder dieser Gruppe. Dagegen ist das analoge Ca-Sulfat, obwohl es als Beimischung mancher Coelestine und Baryte auftritt, in seiner selbständigen Form als Anhydrit sowohl hinsichtlich seiner Formentwicklung wie nach seinem physikalischen Verhalten (#) wesentlich verschieden und kann daher nicht eigentlich als isomorph mit den übrigen Gliedern der Gruppe gelten. — Die XX der letzteren werden von verschiedenen Autoren verschieden aufgestellt; neben der nachstehend befolgten Naumann'schen Aufstellung, bei der die vorhandenen Spaltflächen zu (010)∞P$\breve{\infty}$ und (101)P$\bar{\infty}$ gewählt sind, ist namentlich die ältere Haüy'sche Orientierung im Gebrauch, wonach die Spaltflächen gleich (001)oP und (110)∞P sind.

Uebersicht. $CaSO_4$ Anhydrit.
$BaSO_4$ Schwerspath. Baryt.
$SrSO_4$ Coelestin.
$PbSO_4$ Bleivitriol. Anglesit.

Anhydrit. Karstenit. Muriacit. $CaSO_4$.

Rhombisch, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *1,005* : *1* : *0,894* (Schrauf). — XX nicht häufig, ein- und aufgewachsen, mit ungenügend messbaren Winkeln, von verschiedenen Autoren verschieden aufgestellt. Der Habitus ist entweder dicktafelig durch das Vorherrschen der 3 Pinakoide wie an den aufgewachsenen XX von Aussee etc. (alpiner Typus, Fig. 425) oder prismatisch nach dem Längsdoma wie an den in Kieserit eingewachsenen XX von Stassfurt (Stassfurter Typus, Fig. 426). Die gewöhnlichsten

Fig. 425.

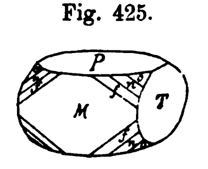
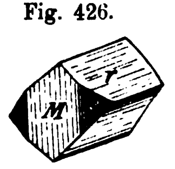


Fig. 426.



Flächen sind $P = (001)oP$, $M = (100)\infty\bar{P}\infty$, $T = (010)\infty\breve{P}\infty$, $s = (110)\infty P$ mit 90° 4′, $r = (011)\breve{P}\infty$ mit 96° 30′ oben, bei Aussee auch noch andere Flächen, wie $o = (111)P$, $n = (211)2\bar{P}2$, $f = (311)3\bar{P}3$. Die Stassfurter XX sind längs- und daneben stark vertical gestreift, wodurch sich an Stelle von M und s eine neue Fläche $(530)\infty\bar{P}^{5}/_{3}$ entwickelt. — Zw. häufig nach $r = (011)\breve{P}\infty$, aber nur in Form lamellarer Einlagerung und feiner Zwillingsstreifung der Querfläche; diese Zwillingsbildung wird auch durch Druck und Erwärmen hervorgerufen. — In Spaltstücken; am häufigsten derb in körnigen, späthigen, dichten, zuweilen auch in stengligen und faserigen Aggregaten und selbst in traubigen Formen. Seltene Pseudomorphosen nach Gyps.

nach den 3 Pinakoiden in verschiedenem Grade und daher mit physikalischen Unterschieden auf den Spaltflächen; am vollkommensten nach $T = (010)\infty\breve{P}\infty$ mit Perlmgl., etwas weniger vollk. auf $M = (100)\infty\bar{P}\infty$ mit Glasgl., immerhin noch deutlich auf $P = (001)oP$ mit fettigem Glasgl.; demzufolge sind würfelige, aber leicht zu orientirende Spaltstücke zu erhalten. Br. sonst muschlig, spröd. H. = 3—3½, G. = 2,8—3. Glasgl., durchs. bis durchschein. Farblos und weiss, gern bläulich und bläulichgrau; auch dunkler blau, röthlich und schwärzlich. Opt. positiv, Axenw. = 71½°, A-E = $(100)\infty\bar{P}\infty$; Spaltungsstücke nach $(001)oP$ zeigen das Interferenzbild.

41,16 CaO, 58,84 SO_3; nicht selten bituminöse Verunreinigungen. — Schmilzt v. d. L. schwer zu weisser Perle; mit Borax oder Flussspath klare Perle, die beim Erstarren weiss wird. Als feines Pulver von concentrirter Schwefelsäure gelöst; das Pulver nimmt in Berührung mit Wasser 2 Mol. des letzteren auf und wird zu Gyps.

In allen Formationen und Gegenden verbreitetes, schichtartig auftretendes Mineral, theils selbständig neben Gyps und Steinsalz, theils in dünnen, vielfach wiederholten Lagen im Steinsalz (Anhydritregion = Basis der Kalisalzlagerstätten von Stassfurt); häufig fehlt auch das Steinsalz. Namentlich im deutschen Zechstein (Umgebung des Harzes) und Muschelkalk (Anhydritgruppe Württembergs); auf den alpinen Salzlagerstätten im Keuper: Ischl, Hallstadt, Hallein, Aussee, Berchtesgaden; Bex; im Tertiär von Wieliczka und Bochnia (hier der Gekrösestein, dichte Aggregate mit schlangenartig gekrümmter Zeichnung) und von vielen anderen Orten. Schöne XX aufgewachsen auf den alpinen Fundorten, namentlich Aussee, eingewachsen in Kieserit von Stassfurt. — Selten auf Gängen oder sonst auf Erzlagerstätten, z. B. Bleiberg in Kärnten, Fahlun; Lauterberg am Harz, Riechelsdorf, Kapnik; sporadisch auf Laven vom Vesuv, von Santorin etc.

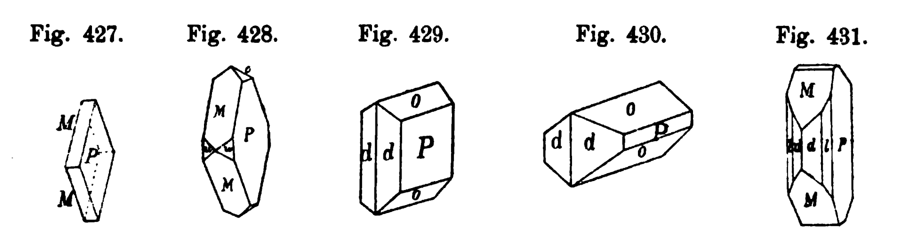
Vulpinit, von Volpino in der Lombardei, hat man einen graubraunen körnigen Anhydrit genannt, der sich zu Bildhauerzwecken (Marmobardiglio di Ber-

gamo) eignet. — Der Anhydrit geht durch Wasseraufnahme leicht in Gyps über, wobei eine Volumvermehrung von etwa 62% stattfindet, daher die stete Verknüpfung und auch Vermengung von Gyps mit Anhydrit und die gewaltsamen Schichtenstörungen, Faltungen im Hangenden von Anhydrit. Auch die Umwandlung von Gyps in Anhydrit ist beobachtet; sie lässt sich auch künstlich durch Erhitzen in concentrirter Kochsalzlösung bewirken. — Aehnliche Mineralien: in derben Stücken Kalkstein und Gyps. Letzterer ist weicher, auch sieht man beim derben Anhydrit mit der Lupe die rhombische, beim Gyps die monokline Form der Spaltflächen; ferner Kryolith.

Schwerspath. Baryt. $BaSO_4$.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}6206:1:0{,}7618$ (Mohs, Becke). — ✕✕ oft sehr schön (Dufton, Wildemann, Felsöbánya) und flächenreich ausgebildet; ca. 120 verschiedene Formen, die aber von verschie-

Fig. 427. Fig. 428. Fig. 429. Fig. 430. Fig. 431.



denen Autoren verschieden aufgestellt werden, sind bisher bekannt geworden; einzeln oder in Gruppen und Drusen aufgewachsen. $P = (010)\infty \breve{P}\infty$, $M = (101)\bar{P}\infty$ mit 101° 40′ vorn, $o = (011)\breve{P}\infty$ mit 105° 24′ oben, $d = (120)\infty\breve{P}2$ mit 102° 17′ vorn; untergeordnet $u = (110)\infty P$ mit 116° 22′ vorn, $l = (140)\infty\breve{P}4$, $z = (111)P$, $k = (001)oP$; sehr selten die Querfläche $(100)\infty\bar{P}\infty$. Habitus typisch rhombisch, entweder tafelig nach der Längsfläche oder prismatisch und dadurch gern meisselartig erscheinend nach einem der 3 Prismen *M*, *o* und *d*, namentlich nach *d*; nach $M = (101)\bar{P}\infty$ gestreckte ✕✕ aus Ungarn und vom Ural sind Wolnyn genannt worden. — Schalige, divergent blätterige, fächer-, bündel- und hahnenkammartige bis kuglige und nierige Aggregate mit strahliger, faseriger, körniger, dichter und erdiger Structur; auch in Stalaktiten; zuweilen in Pseudomorphosen.

nach $P = (010)\infty\breve{P}\infty$ vollk., ausgezeichnet durch Perlmgl.; in etwas geringerem Grad nach $M = (101)\bar{P}\infty$, daher Glasgl., die Spaltrisse sind oft an den ✕✕ angedeutet. Br. muschlig, wenig spröd. H. = 3 bis 3½, G. = 4,3—4,7. Glasgl. und Perlmgl. Auf dem Br. Fettgl., klar und durchs., öfters gefärbt und undurchs., weiss, fleischroth, bläulich, gelblich, braun, grau. Opt. positiv. Sonstiges opt. Verhalten s. S. 193.

65,68 BaO, 34,32 SO_3, nicht selten mit grösserem Sr-Gehalt. Eine isomorphe Mischung mit $CaSO_4$ stellt der krummschalige, nierige und leicht verwitternde Kalkbaryt von Freiberg und Derbyshire dar; eben-

falls $CaSO_4$, daneben noch $CaCO_3$ enthält der Dreelit von Beaujeu, der aber rhomboedrisch sein soll. Gemengt mit Bitumen ist der Hepatit von Kongsberg und aus den Alaunschiefern von Schonen. — V. d. L. sehr schwer zur Perle schmelzbar; färbt die Flamme gelblichgrün; unlöslich in Salzsäure, aber als Pulver in warmer concentrirter Schwefelsäure löslich und dann durch Wasser fällbar.

Weit verbreitetes Mineral, namentlich als Gangmineral gemein. — Vorkommen: 1. Auf Gängen entweder selbständig wie vielorts im deutschen Rothliegenden oder als Begleiter anderer Mineralien und nicht selten in 2 Generationen. Neben geschwefelten Erzen wie Bleiglanz im Oberharz etc., neben Silbererzen bei Freiberg, in Ungarn etc., neben Kupferkies bei Lauterberg im Harz, neben Nickel- und Kobalterzen auf Gängen im Kupferschiefer von Mansfeld, Bieber und Riechelsdorf, neben oxydischen Manganerzen bei Ilfeld und Ilmenau, ferner auf metasomat. Brauneisenerzlagerstätten vom Iberg im Harz. — 2. Seltener findet sich Schwerspath auf geschichteten Lagerstätten, theils selbständig wie in den krystallinen Schiefern von Villarica in Brasilien, in devonischen Schiefern von Meggen an der Lenne, theils als Bestandtheil von Erzlagern wie am Rammelsberg bei Goslar oder als Imprägnation bezw. Bindemittel im Sandstein. — 3. Sonst noch in Form concretionärer Ausscheidungen mit radialer Structur in manchen Mergeln und Kalken wie der Bologneser Spath vom Monte Paterno bei Bologna oder in metasomatischer Verdrängung von Kalkstein und Dolomit, so im Zechsteindolomit des Röstebergs bei Grund am Harz.

Allomorphit von Unterwirbach bei Rudolstadt ist derber, schaliger Baryt, der angeblich nach 3 auf einander senkrechten Richtungen spalten soll. — Eggonit in kleinen braunen XX auf Kieselzink von Moresnet, angeblich triklin, ist ebenfalls Schwerspath.

In genetischer Beziehung bemerkenswerth ist das Vorkommen von Baryt-XX, die von Antimonitnadeln durchspiesst werden, zu Schemnitz, Felsöbánya etc., desgl. von XX in den Höhlungen von Petrefacten und dichte Krusten in den Pumpensätzen von Lautenthal. — Aehnliche Mineralien: Coelestin, Aragonit, Kalkspath; letzterer wird sofort daran erkannt, dass alle seine Spaltwinkel schief sind. — Verwendung namentlich als weisse unveränderliche Farbe, neuerdings für die Lithopon-Fabrikation.

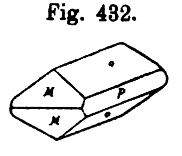
Barytcoelestin $(SrBa)SO_4$. Rhombisch und isomorph mit Schwerspath und Coelestin, doch fallen seine Winkel nicht zwischen die jener beiden Mineralien. XX selten, namentlich in radialstrahligen Ausscheidungen, vielfach erdig und angewittert, in Kalken und Mergeln. H. $= 2^1/_2$, G. 4,1—4,2. Imfeld im Binnenthal, Greiner in Tirol, Drummondinsel im Erie-See, im Jurakalk von Nörten in Hannover.

Coelestin. $SrSO_4$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6086 : 1 : 0{,}7793$. — XX meist aufgewachsen, besonders schön von Girgenti, Herrengrund, Leogang, Montecchio Maggiore, flächenreich, in Gruppen und Drusen, im Habitus

und Aussehen ganz wie die des Schwerspaths. $M = (101)P\bar{\infty}$ mit 104° 2′ vorn, $o = (011)P\breve{\infty}$ mit 104° 8′ oben, $d = (120)\infty P\breve{2}$ mit 101° 11′ vorn, $P = (010)\infty P\breve{\infty}$. Habitus häufiger prismatisch nach $(011)P\breve{\infty}$ als tafelig nach $(010)\infty P\breve{\infty}$. — Körnige, späthige Aggregate, schalig, stenglig, dicht; parallel strahlige und faserige Platten; Nieren, Knollen, als auch Versteinerungsmittel.

Fig. 432. Fig. 433.



\# $(010)\infty P\breve{\infty}$ vollk., etwas weniger nach $(101)P\bar{\infty}$. Br. muschlig, wenig spröde. H. = 3—3½, G. = 3,9—4. Glasgl. bis Perlmgl., auf dem Br. etwas fettig. Farblos, weiss, gelblich, gern blau, bläulich und blaugrau, selten röthlich oder grün. Optisch wie Schwerspath (vergl. S. 193).

56,39 Sr, 43,61 SO_3, gewöhnlich mit etwas Ca oder Ba. — Schmilzt v. d. L. zur weissen Perle und färbt die Flamme carminroth. Gegen Lösungsmittel wie Baryt.

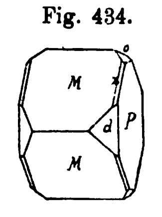
Gemein, aber nicht so verbreitet wie Schwerspath. 1. Selten auf Erzgängen (Herrengrund, Leogang etc.) und auf Mandelräumen vulkanischer Gesteine (Montecchio Maggiore bei Vicenza). — 2. Häufiger auf Coelestintrümmern und in concretionären Ausscheidungen innerhalb von Kalken, Dolomiten, Mergeln und Gypsen. Mit Schwefel, Gyps und Calcit in tertiären Mergeln zu Girgenti, La Perticara und Pschow bei Ratibor, in Röthdolomiten der Dornburg bei Jena, im Muschelkalk bei Rüdersdorf etc. — Analog die reicheren Fundorte von Giershagen bei Stadtberge, Clifton bei Bristol in England, Mokkatam in Aegypten, in der Umgebung der grossen nordamerikanischen Seen, namentlich auf Drummond-Island, Strontian-Island und Put-in-Bay im Erie-See.

Verwendung zur Feuerwerkerei und zur Herstellung von Strontiumhydrat für die Entzuckerung der Melasse. — Aehnlich: cfr. Schwerspath.

Bleivitriol. Anglesit. Vitriolblei. Bleiglas. $PbSO_4$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6088 : 1 : 0{,}7793$. — ×× z. Th. sehr schön ausgebildet (Phönixville, Pa. und sonst vielorts), flächenreich, gewöhnlich einzeln aufgewachsen. $M = (101)P\bar{\infty}$ mit 103° 43′ vorn, $o = (011)P\breve{\infty}$ mit 104° 24′ oben, $d = (120)\infty P\breve{2}$ mit 101° 13′ vorn, $P = (010)\infty P\breve{\infty}$, $y = (122)P\breve{2}$, $z = (111)P$. Habitus kurz prismatisch nach $(011)P\breve{\infty}$ bezw. $(101)P\bar{\infty}$ oder tafelig nach $(010)\infty P\breve{\infty}$ oder pyramidal nach $(122)P\breve{2}$. — Auch derb; zuweilen in Pseudomorphosen nach Bleiglanz; umgewandelt in Cerussit.

Fig. 434. Fig. 435.



(010)∞P$\breve{\infty}$ und *(101)P$\bar{\infty}$* undeutlich. Br. muschlig; spröd. H. = 3, G. = 6,12—6,35. Starker Diamantgl., ins Fettige geneigt. Durchs. bis durchschein. Farblos und wasserhell; getrübt, grau, gelb, braun, grün, blau. Optisch dem Baryt ähnlich, aber grosser Axenwinkel. $\beta = 1,875$ (roth). Sonstiges opt. Verhalten s. S. 193.

73,6 PbO bezw. 68,3 Pb, 26,4 SO_3, gewöhnlich rein. — V. d. L. auf Kohle im R.-F. Bleikugel, im O.-F. heiss eine klare, kalt eine weisse Perle. Gegen Schwefelsäure wie Baryt, völlig löslich in Kalilauge; dagegen nur wenig in Salpetersäure.

Am Ausgehenden von Bleiglanzlagerstätten, namentlich in kleinen eingefressenen Höhlungen desselben mit Brauneisenocker zusammen, analog dem Weissbleierz, aber nicht ganz so häufig. Früher bei Clausthal, Zellerfeld, Tanne am Harz, auf den Parysgruben von Anglesea. — Grube Friedrich bei Wissen an der Sieg, Bleialf, Badenweiler und Schapbach in Baden, Mies in Böhmen, Schwarzenbach und Bleiberg in Kärnten; Morawicza, Dognacska, Felsöbánya; Monte Poni und Iglesias auf Sardinien, Linarcs in Spanien, Leadhills und Wanlockhead in Schottland. Nertschinsk, Beresowsk. Missouri, Phönixville, Pa.

Aehnliche Mineralien: Weissbleierz, Baryt, Scheelit. — Bei reichlichem Vorkommen als Bleierz verwendet.

Sardinian, von Monte Poni und auch von Zellerfeld, soll monoklin krystallisirendes, — ein schwarzes und erdiges Verwitterungsproduct des Bleiglanzes von Coquimbo amorphes $PbSO_4$ sein.

Selenbleispath (Glasbachit). $PbSeO_4$, wahrscheinlich isomorph mit Anglesit, in kleinen faserigen Kugeln und derb; deutlich #, schwefelgelb. Tannenglasbach bei Hildburghausen.

Zinkosit. $ZnSO_4$ Kleine mit Baryt isomorphe XX. H. = 3, G. = 4,331. Gelblichweiss bis weingelb. Mit Zinkblende vom Gange Jaroso in der Sierra Almagrera in Spanien.

Hydrocyanit. $CuSO_4$, blassgrüne bis himmelblaue Prismen, angeblich mit Winkeln ähnlich denen des Anglesit. Sublimationsproduct des Vesuvs von 1868. — Euchlorin enthält daneben noch K und Na und ist ebenfalls rhombisch.

Magnolit. Hg_2TeO_4. Sehr feine, haar- und nadelförmige XX, weiss und seidenglänzend, auf Tellurquecksilber (Coloradoit). Keystone-Gruben, Magnolia District, Colorado. — Ebendaher Ferrotellurit, wahrscheinlich Eisentellurat, in zarten radialfaserigen Büscheln; gelb.

Lanarkit. 2PbO, SO_3 (mit 84,8 PbO). Monoklin. $\beta = 91° 49'$. In queren Prismen und dünnstengligen Aggregaten. # oP sehr vollk., mild; etwas biegsam. H. = 2—2½, G. = 6,8—7. Auf (001)oP Perlmuttergl., sonst Fettgl. Grünlich- oder gelblichweiss, grau. Leadhills in Schottland.

Dolerophanit. 2CuO, SO_3. Kleine monokline XX, die möglichenfalls isomorph mit Lanarkit sind; braun. Vesuv 1868.

2. Abtheilung. **Wasserhaltige Sulfate.**

a) Sulfate der Alkalien und alkalischen Erden.

Glaubersalz. Mirabilit. Exanthalit. $Na_2SO_4 . 10 H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1,1161 : 1 : 1,2382$. $\beta = 107^0 45'$ (SCHRAUF). — XX meist nach der Queraxe verlängert mit vorwaltenden *(001)oP* und *(100)∞P̄∞*; gewöhnlich aber in mehlartigen Ausblühungen und Krusten von faseriger Structur; vereinzelt schichtförmig.

(100)∞P̄∞ vollk. H. = 1½—2, G. = 1,4—1,5. Durchs. und farblos, verwittert trüb und weiss; kühlender, salzigbitterer Geschmack.

19,3 Na_2O, 24,8 SO_3, 55,9 H_2O; verliert an der Luft 8 Mol. H_2O und bedeckt sich dabei mit einem mehligen Ueberzug. Ein viel $MgSO_4$ enthaltender Glauberit von Sedlitz und Franzensbad wurde Reussin genannt. — Färbt die Löthrohrflamme gelb, leicht in Wasser löslich; schmilzt in seinem Krystallwasser.

Auf alpinen Salzlagerstätten: Ischl, Hallstadt etc., ferner in Ungarn, der Schweiz; vielfach als Beschlag auf Gyps und Steinsalz. Schichtartig im Steinsalz bezw. Thon und Mergel bei Bompensieri auf Sicilien, am Ebro und bei Muchrevan im Kaukasus. In Salzseen, den Natronseen Aegyptens, den Steppen am Kaspi- und Eltonsee und als Ausblühung auf Mauerwerk; gelöst in Bitterwässern. Auch an Vulkanen.

Guanovulit ist wasserhaltiges Kali-Ammoniaksulfat, Lecontit ein rhombisch krystallisirendes wasserhaltiges Natron-Ammoniaksulfat; aus Fledermaushöhlen in Honduras.

Gyps. Selenit. $CaSO_4 . 2 H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0,6895 : 1 : 0,4133$. $\beta = 98^0 58'$ (BECKENKAMP). — XX ein- und aufgewachsen, einzeln oder zu Gruppen und Drusen zusammentretend, namentlich rosettenartig. *f* = *(110)∞P* mit 111° 30′, *l* = *(111)—P* mit 143° 30′, *p* = *(010)∞P̆∞*, *n* = *(1̄11)P* mit 138° 32′, *o* = *(1̄03)⅓P̄∞*, *h* = *(120)∞P̆2*. Habitus verschieden: 1. prismatisch entweder nach dem Prisma *f* mit 111½° oder nach dem Prisma *l* mit 143½°; 2. dicktafelig nach der Längsfläche *p* (Fig. 436); 3. linsenförmig mit stark gekrümmten Flächen und Kanten durch Vorherrschen von *o* und *l*, während *f* und *p* zurücktreten (Fig. 437 u. 438), auch ganz fehlen können. Grössere XX, besonders die von Reinhardsbrunn bei Friedrichroda, sind zuweilen haken- und henkelartig gebogen mit welliger Längsfläche in Folge von Gleiterscheinungen. — Zw. häufig, nach 2 Gesetzen. 1. nach *(100)∞P̄∞* (typische Schwalbenschwanzzwillinge), namentlich bei tafeligen und prismatischen Individuen. Der Perlmutterbruch (010)∞P̆∞ und der muschlige Br. (100)∞P̄∞ verlaufen in beiden Zwil-

lingshälften parallel, während die faserigen Brüche $(\bar{1}11)P$ einen Winkel von 131° 12′ einschliessen; der einspringende W. des Zw. = 104° 58′ (Fig. 440). Auch Durchkreuzungszwillinge nach Art der Fig. 439. 2. nach $(10\bar{1})-P\bar{\infty}$ (typisch aus dem Gyps von Mont-Martre, daher **Mont-Martre oder Pariser Zwillinge**), namentlich bei linsenförmigen Individuen, bei denen das Verticalprisma ganz unterdrückt ist, *l* und *o* in eine einzige gekrümmte Fläche verfliessen und auch die sonst nicht häufige Fläche *n* gerundet ist (Fig. 441 u. 442. Diese Zw. sehen ebenfalls oft schwalbenschwanzartig aus, aber der muschlige Br. jeder einzelnen Zwillingshälfte setzt sich nahezu in der Richtung des faserigen Bruches der anderen Hälfte fort. Die Knickung beträgt nämlich nur 9° 26′. Der einspringende W. = 123° 48′.

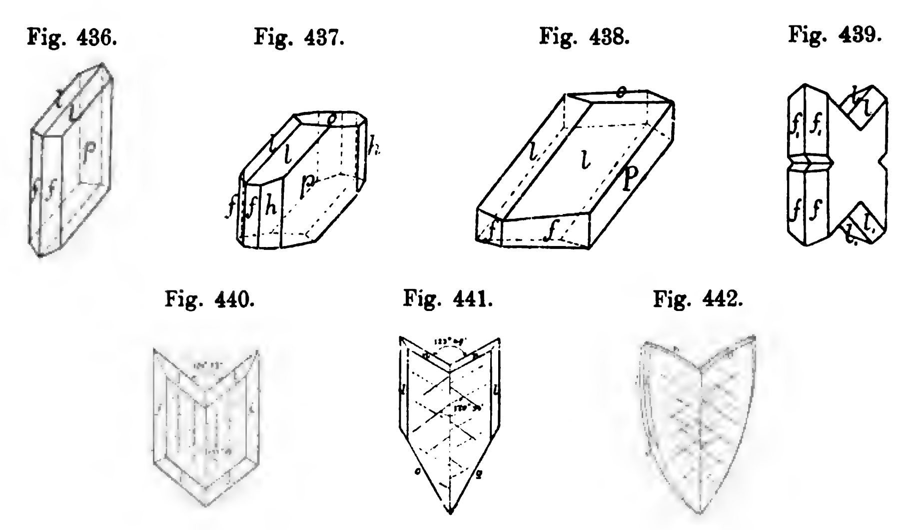


Fig. 436. Fig. 437. Fig. 438. Fig. 439.

Fig. 440. Fig. 441. Fig. 442.

— Derb, in grobspäthigen und grossschaligen Aggregaten (**Marien- oder Frauenglas**), parallel faserig (**Fasergyps**), schuppig (**Schaumgyps**), feinkörnig (wenn rein weiss: **Alabaster**), dicht erdig. In Pseudomorphosen nach Anhydrit, Steinsalz und Kalkspath.

nach $(010)\infty P\breve{\infty}$ sehr vollk. (Perlmutterbruch), nach $(\bar{1}11)P$ weniger vollk. (faseriger, seidenglänzender Br., die beiden unter 138° 32′ geneigten P-Flächen oscilliren beim Spalten stetig mit einander, sodass scheinbar eine einheitliche faserige Spaltfläche resultirt), und schliesslich # nach $(100)\infty P\bar{\infty}$ unvollk. (muschliger, glasglänzender Br.). Daneben lassen sich durch die Körnerprobe noch andere Cohäsionsminima als Gleit- und Druckflächen nachweisen. Gewöhnlich in der Richtung des faserigen Br., als einer Gleitfläche, etwas biegsam; in der Richtung des muschligen Bruches brechen die XX scharf ab. Mild. H. = $1\frac{1}{2}$—2, G. = 2,2—2,4. Auf $(010)\infty P\breve{\infty}$ Perlmgl. und häufig Newton's Farbenringe, auf den sonstigen Krystallflächen Glasgl. Durchs. bis undurchs.; farblos und gefärbt: weiss, grau, wein- bis honiggelb, braun-, fleisch- bis ziegelroth, schwarz. Optisches Verhalten cfr. S. 194. Schlechter

Wärmeleiter (Unterschied des Alabasters vom Marmor, welch' letzterer sich kalt anfühlt).

32,5 CaO, 46,5 SO_3, 21 H_2O, aber häufig durch Bitumen (Stinkgyps) und Thon verunreinigt. — Trübt sich v. d. L., schmilzt zu einer weissen, mit Flussspath jedoch zu einer klaren, erst beim Erkalten trüb werdenden Perle. Giebt im Kölbchen Wasser. Wird von Wasser (in 380—460 Theilen) und von Säuren schwer gelöst. Kochende Kalilauge löst ihn vollständig.

Wichtiges und z. Th. mächtiges, lager- und stockartig auftretendes Schichtenglied aller Formationen, namentlich mit Anhydrit, aus dem er hervorgeht, und mit Steinsalz verknüpft; nicht selten mit eingesprengtem Schwefel. Die Permformation Europas ist besonders reich an Gyps (Westlicher Harzrand; Friedrichroda, Ural etc.); in der alpinen Trias (Berchtesgaden, Hallstadt, Hallein, Hall, Aussee), im Muschelkalk des südwestlichen Deutschlands; im Tertiär des Pariser und Wiener Beckens, Wieliczka, Sicilien etc. — Vielfach als linsenartige Concretionen in Lias- und Tertiärthonen, auch in der Braunkohle; ferner als Imprägnation von Sanden (Wüste Sahara, wo Gypskrystalle nach Art der „krystallisirten Sandsteine" grössere Mengen von Sand einschliessen). — Auf Erzgängen nicht sehr häufig (Lauterberg) und niemals in grösserer Menge; als Fasergyps selbständig auf Spalten; auf Klüften von Laven am Aetna und Vesuv; Neubildungen in Sinkwerken, im Alten Mann (hier durch Zersetzung von Schwefelkies hervorgegangen), bei Kohlenbränden. — Schöne XX vielorts: Reinhardsbrunn, Quedlinburg, Wasenweiler im Breisgau, Mont-Martre, Castellina in Toscana, Girgenti etc.; Statuenalabaster besonders schön von Volterra.

Die Hauptverwendung des Gypses beruht auf der Eigenschaft, bei etwas über 100° drei Viertel seines Wassergehaltes zu verlieren, der dann von dem Pulver bei Wasserzusatz schnell und unter Erstarren wieder aufgenommen wird; die sich bildenden Gyps-Nadeln verfilzen sich und bedingen die Verfestigung. Wird Gyps auf mehr als 160° erhitzt, so brennt er sich todt, d. h. er wird zu Anhydrit. Indessen verhindert ein Zusatz von Anhydrit zum Gyps bis zur Hälfte des Gewichts die Verwendung des letzteren nicht wesentlich. — Von ähnlichen Mineralien wird Gyps leicht durch die geringe Härte, # und die schiefen Winkel der Spaltplättchen unterschieden.

Kieserit. $MgSO_4 . H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9147 : 1 : 1{,}7445$. $\beta = 91^\circ\ 7'$ (Tschermak). — In dichten, weissen bis gelblichen, schimmernden Aggregaten, bei Hallstadt auch in grossen pyramidal ausgebildeten XX und grobkörnigen Aggregaten.

H. = 3, G. = 2,569; in derben Aggregaten geringer, bis 2,517. Farblos und trübe; weisslich, gelblich.

29 MgO, 58 SO_3, 13 H_2O; geht allmählich in Bittersalz über. Das Pulver, mit wenig Wasser angemacht, erhärtet wie Gyps. Löst sich langsam in Wasser.

In grossen Massen schichtartig im älteren Steinsalz, in der sogen. Kieseritregion auf den Kalisalzlagerstätten von Stassfurt etc.; ferner bei Hallstadt und bei Kalusz.

Martinsit von Stassfurt ist ein Gemenge von 10 Kieserit und 90 Steinsalz.

Szmikit. $MnSO_4 . H_2O$ ist das dem Kieserit entsprechende Mn-Sulfat. Röthlich weisse stalaktitische Knollen. von Felsöbánya.

Syngenit (Kaluszit). $K_2SO_4 . CaSO_4 . H_2O$ ($28{,}8 K_2O$). Monoklin, $\beta = 104°$. Kleine, nach der Verticalaxe gestreckte und nach (100)∞P$\bar{\infty}$ dünntafelige XX und blätterige Aggregate. — # nach (100)∞P$\bar{\infty}$ und (110)∞P. H. = 2½, G. 2,6. Farblos in Steinsalzhöhlungen von Kalusz.

Pikromerit (Schönit). $K_2SO_4 . MgSO_4 . 6H_2O$ ($23{,}4 K_2O$). Monoklin. $\beta = 108° 10'$; meist derb, weiss oder gefärbt, bildet neben Kainit einen wesentlichen Bestandtheil der norddeutschen Kalisalzlagerstätten. Stassfurt etc., Absatz der Fumarolen des Vesuv; isomorph damit Cyanochroit (Cyanochrom) vom Vesuv, bei dem Mg durch Cu vertreten wird.

Polyhalit. $K_2SO_4 . MgSO_4 . 2CaSO_4 . 2H_2O$.

Monoklin oder rhombisch. Breite langgestreckte Prismen. *(110)∞P* mit 115°, *(010)∞P$\bar{\infty}$*, *(001)oP*. Gewöhnlich in derben, faserigen, seltener in stenglig-blätterigen Massen.

H. = 3—3½, G. = 2,72—2,77. Schwacher Fettgl. Fleisch- oder ziegelroth, auch weiss, gelb und grau. Durchscheinend.

Enthält $28{,}93 K_2SO_4$ mit $15{,}64 K_2O$; lässt beim Auflösen Gyps zurück.

In der Polyhalitregion der Kalisalzlagerstätten von Stassfurt etc.: auf den alpinen Salzlagern; Vic in Lothringen, Stebnik in Galizien.

Krugit, secundäres Salz von Stassfurt etc., nur derb, enthält $2CaSO_4$ mehr als der Polyhalit.

Astrakanit (Blödit). $Na_2SO_4 . MgSO_4 . 4H_2O$. Monoklin. $\beta = 100° 38'$. Schöne, grosse und flächenreiche XX von Stassfurt, meist aber derb in körnigen und dichten Aggregaten. H. = 2½—3½, G. = 2,22—2,28. Glasgl. Farblos und weiss, hellgrau, gelblich, röthlich, auch bläulichgrün. Verwittert langsam an der Luft. Enthält $18{,}58 Na_2O$; löst sich leicht im Wasser. Ausser Stassfurt, wo er zu den sogen. secundären Salzen gehört, in dünnen Krusten (sogen. Simonyit) bei Ischl und Hallstadt, an den Bittersalzseen der Wolgamündung; Mendoza und San Juan in Argentinien; Pendschab. — Kalium-Blödit (Leonit) von Leopoldshall ist die entsprechende Kaliverbindung. — Löweït, wie Blödit zusammengesetzt, aber nur $2\frac{1}{2} H_2O$; tetragonal. Gelblichweiss, bernsteinfarben bis fleischroth. Mit Anhydrit verwachsen bei Ischl. — Wattevillit, ein Zersetzungsproduct von Basalttuff, soll die Zusammensetzung eines kali- und kalkhaltigen Blödits haben. Bischofsheim vor der Rhön.

b) Alumosulfate (Thonerdesulfate).

Bei vielen derselben ist ein Theil des in der Analyse gefundenen Wassers auf Hydroxyl zurückzuführen; neben Thonerde enthalten manche derselben noch Alkalien, alkalische Erden oder Zn, Mn, Fe. Eine charakteristische Gruppe bilden die Alaune. —

Haarsalz (Keramohalit, Halotrichit). $Al_2O_3, 3SO_3 . 18H_2O$. Haar- und nadelförmige XX; in Krusten, in traubigen, nierenförmigen und stalaktitischen Formen von faseriger, schuppiger und körniger Structur. # nach einer Richtung. Br. uneben. H. = 1½—2, G. = 1,6—1,7. Seidengl., durchscheinend, weiss, gelblich und graulichweiss. Auf Braun- und Steinkohlengruben und Halden. Zersetzungsproduct kies- und thonerdehaltiger Gesteine, quillt zuweilen flüssig aus den Kohlenklüften; Kolosoruk in Böhmen; Friesdorf bei Bonn; Freienwalde in der Mark; Potschappel. — Auch auf Erzgruben (Bodenmais; Königsberg in Ungarn) und als Product der Solfatarenthätigkeit; Solfatara; Quito; Insel Milo. — In grösserer Menge bei Adelaide in Australien. — Tekticit (Braunsalz, Graulit), in kleinen nadeligen, büschelig gruppierten XX und derb; nelkenbraun; vom Graul bei Schwarzenberg und Bräunsdorf, ist ein Keramohalit mit ca. 5% Fe_2O_3 an Stelle von Al_2O_3.

Aluminit (Websterit). $Al_2O_3, SO_3 . 9H_2O$. In nierigen, traubigen Knollen von erdiger und feinschuppiger Structur; u. d. Mikrosk. aus kleinen doppelbrechenden XX mit schiefer Auslöschung bestehend. Br. erdig; mild und zerreiblich. H. = 1, G. = 1,8. Weiss; undurchs. In HCl leicht löslich. Bei Halle auf Schichtenfugen tertiären Sandes; Kralup; Auteuil; New-Haven und Brighton. — Werthemannit ist nur durch geringeren Wassergehalt unterschieden. Peru.

Felsöbányit. $2Al_2O_3, SO_3 . 10H_2O$. Rhombisch, die kleinen XX zu kugligen Aggregaten vereint. # (001)oP. H. = 1½; sehr mild. G. = 2,3. Weiss, mit rauher, durch Eisen gelb gefärbter Oberfläche. Bei Felsöbánya auf Baryt. — Paraluminit enthält $5H_2O$ mehr. — Alumian, ähnlich zusammengesetzt; weisse, apfelgrüne oder himmelblaue glasglänzende Aggregate. Sierra Almagrera in Spanien, Ararat.

Alunit. Alaunstein. $3(Al_2SO_6) . K_2SO_4 . 6H_2O$.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch, isomorph mit Jarosit. $a : c = 1 : 1,252$ (Breithaupt). — Kleine, oft krummflächige, in Drusen sitzende XX. $(10\bar{1}1)R$ mit 89° 10′, selten dünne Täfelchen. — Körnige, dichte, auch erdige Massen.

basisch ziemlich vollk. Br. muschlig, splittrig. H. = 3½—4, G. = 2,6—2,8. Farblos, weiss, ins Röthliche und Gelbliche; Glasgl., auf der Spaltfläche Perlmgl. Optisch positiv.

11,37 K_2O, 36,98 Al_2O_3, 38,62 SO_3 13,03 H_2O. In Kalilauge und heisser Schwefelsäure löslich.

Unregelmässig, trumm- und gangartig in durch Solfatarenthätigkeit umgewandelten und daher löcherigen trachytischen Gesteinen, insbesondere aus der Zersetzung des Feldspaths hervorgegangen. Tolfa, Bereghszasz, Parád und Muszay, Mont Dore, Insel Milo. — Im Gyps von Hadji-Kân, Bucharei; als Concretionen in tertiären Sanden bei Wurzen. — Dient zur Alaunfabrikation!

Ignatiewit ist wahrscheinlich nur ein unreiner Alunit. — Löwigit, anscheinend amorph, lichtgelb, aus der Steinkohle von Zabrze, auch von Tolfa und Muszay enthält etwas mehr Wasser ($9H_2O$).

Ettringit, hexagonal, sehr feine seidenglänzende Nadeln in Kalksteineinschlüssen aus Laven beim Laacher See, ist wasserhaltiges basisches Thonerde-Kalksulfat. — Zinkaluminit von Laurion, in sechsseitigen Tafeln, weiss ins Grünliche ist basisches Thonerde-Zinksulfat.

Gruppe der Alaune. — Dieselben bilden eine isomorphe, regulär pentagonal-hemiedrische krystallisirende Gruppe. Gewöhnlich zeigen die (in der Natur selten auftretenden) X X nur (111)O, daneben wohl (100)∞O∞ und (110)∞O u. a. Formen. Chemisch bestehen sie aus neutralen Doppelsalzen ein-, zwei- und dreiwerthiger Metalle und $24H_2O$. Manche der natürlichen faserigen Alaune haben jedoch nur $22H_2O$, sind doppelbrechend und wahrscheinlich monoklin.

Kalialaun (Kalinit). $K_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$. Gewöhnlich nur als Ausblühung auf Klüften von Laven, auf brennenden Kohlen und auf schwefelkieshaltigen Mergelschiefern (sogen. Alaunschiefer). Br. muschlig. H. = 2—2½, G. = 1,7—1,9. Farblos, Glasgl. Solfatara bei Pozzuoli etc.

Natronalaun (Solfatarit). $Na_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$. Faserige krustige Aggregate. H. = 2—3, G. = 1,8. Weiss, seidenglänzend. Mit Kalialaun von der Solfatara; Insel Milo, San Juan in Argentinien, Shimane in Japan. — Mendozit von Mendoza in Argentinien ist ein Natronalaun mit $22H_2O$, — Tamaragit von den Cerros pintados in Chile ein solcher mit $12H_2O$.

Ammoniakalaun (Tschermigit). $(NH_4)_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$. In Platten von faserig-stengliger Structur. H. = 2—2½, G. = 1,7. Farblos bis graulichweiss. Glasgl. Tschermig in Böhmen und Tokod bei Gran in Ungarn, auf Trümmern in der Braunkohle; im Krater des Aetna.

Magnesiaalaun (Bosjesmanit). $MgSO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$. Lange dünne schneeweisse Fasern mit Seidengl., enthält auch etwas Mn. Bosjesmanfluss in der Cap-Colonie; Utah. — Der Pickeringit von Iquique enthält nur $22H_2O$ und ist doppelbrechend; Sonomait, Dumreicherit, Pikroalumogen und Sesquimagnesiaalaun besitzen ein anderes Verhältniss von Mg und Al-Sulfat und auch anderen Wassergehalt. Stüvenit scheint eine Mischung von Magnesia- und Natronalaun zu sein.

Manganalaun (Apjohnit). $MnSO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$. Faserig. Weiss, seidenglänzend, durchscheinend. Lagoa-Bai, Südafrika.

Eisenalaun (Halotrichit z. Th., Haarsalz z. Th., Federsalz z. Th., Bergbutter z. Th.), $FeSO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 24H_2O$. Haarförmig, faserig, traubig, als Ueberzug. Graulichweiss, ockergelb, auch apfelgrün; seidenglänzend. Auf Erzlagerstätten: Mörsfeld, Bodenmais; in Braunkohlenflötzen: Artern; Uttigsdorf in Mähren; Urumia in Persien; an der Solfatara; Ischia. — Hversalt von Island enthält etwas MgO, weniger Wasser und ist doppelbrechend. — Dietrichit, ein Zn- und etwas Mn-haltiger Eisenalaun mit $22H_2O$ und doppelbrechend, von Felsöbánya.

c) Ferrisulfate (Eisensulfate).

Theils reine Ferrisulfate, theils solche verbunden mit FeO, ZnO, MnO, CaO, K_2O, Na_2O, auch mit Al_2O_3; meist von basischem Charakter. Alles beim Glühen hervortretende Wasser ist in den nachstehenden Formeln der Einfachheit halber und weil es an einem entscheidenden Kriterium fehlt, als Krystallwasser angegeben, was aber nur z. Th. richtig ist, da es auch eventuell auf vorhandene Hydroxylgruppen zurückgeführt werden muss.

Coquimbit. $Fe_2O_3 . 3SO_3 . 9H_2O$. Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. Dicktafelige oder kurzsäulige, kleine X X mit (0001)oR, $(10\bar{1}0)\infty R$, $(10\bar{1}1)R$, $(01\bar{1}1)$—R u. a. Flächen; zumeist in feinkörnigen Aggregaten. ⧣ $(10\bar{1}0)\infty R$ unvollk. H. = 2—2½, G. = 2—2,1. Farblos, grünlich, bläulich. Enthält auch etwas isomorphe Thonerde. Löslich in kaltem Wasser. Copiapo in der Provinz Coquimbo in Chile. — Der

monokline röthlichviolette Quenstedtit von Copiapo enthält $1H_2O$ mehr, der orangegelbe Ihleit auf Graphit von Mugran und auf Thon von Webrschan in Böhmen $3H_2O$ mehr als der Coquimbit.

Copiapit (Blätteriges schwefelsaures Eisenoxyd). $2Fe_2O_3.5SO_3.18H_2O$. Sechsseitige, aber monokline Tafeln mit basischer #; auch körnig. H. = $1\frac{1}{2}$, G. = 2,14. Gelb und Gelbgrün; Perlmgl., durchschein. Copiapo. — Wahrscheinlich identisch damit Misy, feinschuppige bis mehlige Aggregate von schwefelgelber Farbe und Perlmgl. Als Ueberzug und Beschlag im sogen. Kupferrauch vom Rammelsberg am Harz.

Hohmannit $Fe_2O_3.2SO_3.7H_2O$; bildet trikline breitstrahlige spaltbare Aggregate, die ockerartig verwittern. Kastanienbraun mit rostgelbem Str. Eingewachsen in Copiapit der Sierra Gorda bei Caracoles in Chile. — Der orangerothe Amarantit, ebendaher, scheint nur eine kleinkrystallinische Varietät von Hohmannit zu sein. — Der kastanienbraune Castanit von gleicher Lokalität in anscheinend monoklinen Prismen und derben Aggregaten unterscheidet sich nur durch etwas höheren Wassergehalt. — Noch etwas mehr Wasser ($10H_2O$) enthalten Stypticit (Strahliges schwefelsaures Eisenoxyd) und der wahrscheinlich nur durch Verwitterung etwas abgeänderte Fibroferrit, beide bilden Rinden und Ausblühungen feinfaseriger, seidenglänzender Aggregate von gelblichweisser bis schmutzig gelbgrüner Farbe. Copiapo.

Apatelit. $3Fe_2O_3.5SO_3.2H_2O$. Nierenförmig, erdig, gelb. Im Thon von Auteuil.

Glockerit (Vitriolocker). $2Fe_2O_3.SO_3.6H_2O$. Krustenartige und dünnschalige Ueberzüge sowie Stalaktiten. Oberflächlich gelbbraun und wie mit Oel überzogen; auf dem Br. schwärzlichbraun bis pechschwarz. Hackelberger Stollen bei Obergrund in österreichisch Schlesien. — Vitriolocker wohl nur die erdige Form desselben. Fahlun; Goslar.

Utahit. $Fe_2O_3.SO_3.\frac{4}{3}H_2O$. Winzige rhomboedrische X X, schuppig aggregirt und seidenglänzende Ueberzüge bildend. Gelb bis braun. Auf Quarz in der Eureka-Hill-Grube, Utah.

Raimondit, $2Fe_2O_3.3SO_3.7H_2O$, rhomboedrische, perlmutterglänzende Tafeln; honiggelb; auf Zinnstein von Ehrenfriedersdorf. — Paposit enthält $3H_2O$ mehr; monokline oder trikline radialfaserige Krystallaggregate, dunkelroth, eingewachsen in Kupfervitriol bei Paposa in Atacama.

Pissophan. Amorphes Gemenge, harzähnlich und anfangs auch weich; stalaktitisch. Br. muschlig. H. = 2, G. = 1,9—2. Olivengrün bis leberbraun. Glasgl. bis Fettgl. Wechselnde Zusammensetzung; zuweilen sehr viel Thonerde (bis 35%) enthaltend. Alaunschiefer von Garnsdorf bei Saalfeld; Reichenbach in Sachsen.

Römerit. $Fe_2O_3, 3SO_3.FeO, SO_3.12H_2O$; enthält auch etwas Zn. Triklin. Kleine dünntafelige X X und körnige Aggregate. H. = $2\frac{1}{2}$, G. = 2,1. Rostbraun bis gelb. Glasgl. Rammelsberg im sogen. Kupferrauch; Madeni Zakh in Persien; Copiapo.

Karphosiderit. $3Fe_2O_3, 4SO_3.9H_2O$. Hexagonal, in Blättchen und nierigen bezw. krustenförmigen Aggregaten. Strohgelb, fettglänzend. Im Sandstein von St. Léger bei Mâcon und bei Laurion.

Quetenit. $Fe_2O_3, MgO, 3SO_3.12H_2O$. Monokline oder trikline undeutliche Prismen oder derb, röthlichbraun, eingewachsen in Kupfervitriol von Quetena in Chile.

Jarosit. $3(Fe_2O_3, SO_3).K_2O, SO_3.6H_2O$. Rhomboedrisch, isomorph mit Alunit. In kleinen tafeligen, zu Drusen verbundenen X X. (0001)oR, $(10\bar{1}1)$R und derb in körnigen, schuppigen und erdigen Aggregaten. # (0001)oR deutlich; spröd. H. = 3—4, G. = 3,244—3,256. Schimmernder Glasgl. Nelken- und schwärzlichbraun; durch-

schein. Barranco Jaroso in der Sierra Almagrera in Spanien; Schwarzenberg in Sachsen; Beresowsk etc. — Im Natrojarosit aus Nevada tritt Na für K ein; im Plumbojarosit von Cook's Peak in Neu-Mexico ist das Alkali durch Blei ersetzt.

Gelbeisenerz. $4(Fe_2O_3.3SO_3).K_2O.SO_3.9H_2O$. Nierenförmig, knollig, plattig, als Anflug, erdig. Br. muschlig. H. = 3, G. = 2,7—2,8. Ockergelb. In dünnen Platten und als Ueberzug auf Braunkohle bei Luschitz und Kolosoruk, Tschermig in Böhmen. — Bei Modum ein Gelbeisenerz, das Na statt K enthält. — Sideronatrit von der Grube San Simon bei Huantaya in Chile und Urusit vom Urus-Plateau auf der Insel Tscheleken im Kaspisee sind Natron-Ferrisulfate.

Botryogen. $2MgO, Fe_2O_3, 4SO_3.15H_2O$. Monoklin. $\beta = 117^\circ 34'$. Die seltenen kleinen X X kurz säulenförmig; gewöhnlich kleintraubige und nierige Aggregate. H. = 2—2½, G. = 2—2,1. Hyacinthroth bis pomeranzgelb. Mit Bittersalz bei Fahlun, Copiapo, Madeni Zakh in Persien.

Voltait, enthält neben Fe_2O_3 und Al_2O_3 noch MgO, FeO, K_2O und Na_2O. Die seltenen scheinbar regulären X X sind tetragonal; spröd. H. = 3½, G. = 2,6—2,79. Dunkelgrün bis schwarz, an den Kanten grün durchschein. Str. graugrün. Fettgl. Fumarolen der Solfatara; Rammelsberg; Kremnitz; Madeni Zakh in Persien. — Metavoltin, Zersetzungsproduct des vorigen mit höherem Wassergehalt; sehr kleine kurze Prismen oder kleine Täfelchen zu einem schuppigen Aggregat verbunden. Ockergelb. Madeni Zakh. — Plagiocitrit und Klinophäit beide vom Bauersberg bei Bischofsheim vor der Rhön, haben die qualitative Zusammensetzung des Voltait, enthalten ausserdem auch noch Ni und Co.

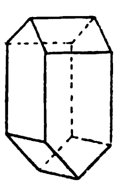
d) Vitriole.

Durch ihren Wassergehalt und ihre Krystallform charakterisirte Sulfate von Mg, Zn, Fe, Ni, Co, Cu. Es giebt 2 Gruppen typischer Vitriole, die eine mit $7H_2O$, die andere mit $5H_2O$. Die erste Gruppe mit $7H_2O$ ist dimorph, theils rhombisch, theils monoklin, wie es sich deutlich an der Verbindung $MgSO_4.7H_2O$ zeigt, die als natürliches Bittersalz rhombisch, in künstlichen X X auch monoklin krystallisirt; ferner bilden die mannichfachen Mischungen von $MgSO_4.7H_2O$ und $FeSO_4.7H_2O$ z. Th. rhombische, z. Th. monokline X X, je nachdem die erste oder die letzte Verbindung vorwiegt. Die andere Gruppe mit $5H_2O$ ist triklin. Die Verknüpfung beider Gruppen ist derart, dass der sonst trikline und $5H_2O$ enthaltende Kupfervitriol in isomorpher Mischung mit Eisenvitriol und Bittersalz monoklin als Pisanit resp. Cupromagnesit mit $7H_2O$ krystallisirt; ebenso erhält man die Verbindung $MnSO_4$ aus wässriger Lösung in triklinen X X mit $5H_2O$. — Bei allen Vitriolen entweicht die letzte Molekel H_2O erst bei hoher Temperatur und dürfte daher als Hydroxyl zu betrachten sein.

1. Vitriole mit $7H_2O$. α) Rhombische Reihe.

Bittersalz. Epsomit. $MgSO_4.7H_2O$.

Fig. 443.



Rhombisch, hemiedrisch. $a : b : c = 0,9901 : 1 : 0,5709$ (Miller). Säulenförmige bis nadelige X X mit sphenoidischer Begrenzung (*110*)∞P 90° 38′, (*111*)P 101° 55′. In der Natur fast nur als Ausblühung in erdigen, faserigen Aggregaten oder gelöst.

(*010*)∞P̆∞ vollk. H. = 2—2½, G. = 1,7—1,8. Farblos und weiss; nicht hygroskopisch.

16,3 MgO, 32,5 SO_3, 51,2 H_2O. In Wasser löslich; beim Erhitzen über 200° entsteht Kieserit.

Gelöst im Meere und in den sogen. Bitterwässern (Epsom, Seidschütz, Püllna, Ofen); als Umwandlungsproduct (sogen. Reichardtit) des Kieserits auf Kalisalzlagerstätten; als Ausblühung in der Nähe des Eltonsees und sonst in den sibirischen Steppen etc.; auf Erzlagerstätten (Herrengrund, Neusohl, Idria).

Fauserit. $(MnMg)SO_4.7H_2O$. Rhombisch. Röthlich- und gelblichweiss; in grösseren XX und stalaktitisch von Herrengrund.

Zinkvitriol (Goslarit). $ZnSO_4.7H_2O$. XX lang säulenförmig; Hemiedrie tritt nicht hervor. (110)∞P 90° 42′. (010)∞P$\breve{\infty}$ (111)P; gewöhnlich nadel- und haarförmige oder körnige Aggregate von nieriger, stalaktitischer Gestalt; Ueberzüge und Beschläge. — ⌗ (010)∞P$\breve{\infty}$ vollk. H. = 2—2½, G. = 2,0—2,1. Farblos, weiss, gelblichweiss und hellgrau. Glasgl. — 28,23 ZnO, 27,88 SO_3, 43,89 H_2O. Leicht löslich in Wasser. — Als Neubildung und Ausblühung auf Erzgruben. Neben Eisenvitriolen und Misy Bestandtheil des sogen. Kupferrauchs im „Alten Mann" des Rammelsbergs. Fahlun. Schemnitz etc.

Nickelvitriol (Morenosit). $NiSO_4.7H_2O$ (26,61 NiO). Smaragdgrün bis grünlichweiss. Derb und in haarförmigen Ausblühungen. Wallace-Grube am Huron-See; Cap Ortegal in Spanien; Riechelsdorf.

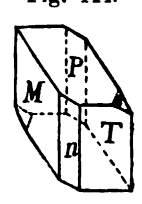
β) Monokline Reihe.

Eisenvitriol (Melanterit). $FeSO_4.7H_2O$ β = 104° 15½′. Natürliche XX selten, kurz säulenförmig, häufig mit rhomboedrischem Habitus der Comb. (110)∞P 82° 12′, (001)oP. Gewöhnlich nadel- und haarförmig, in nierigen und stalaktitischen Formen, in Krusten, als Ueberzug und Ausblühung. — ⌗ (001)oP vollk., (110)∞P weniger deutlich. Br. muschlig. H. = 2, G. = 1,8—1,9. Grün, gelb, verwitternd. Str. weiss. Glasgl., durchs. bis durchschein.; tintenartiger Geschmack. — 25,89 FeO, 28,79 SO_3, 45,32 H_2O; leicht löslich in Wasser. — Jugendliche Neubildung von Schwefelkies und Magnetkies auf Erzgruben; auf Kohlenflötzen und auf Alaunschiefer. Früher von der Grube Gieshübel bei Bodenmais. Auf dem Rammelsberg bei Goslar in grossen Stalaktiten. Fahlun. Graul bei Schwarzenberg. Herrengrund, Schemnitz, Idria. In Fumarolen des Vesuv. — Tauriscit, farblos bis gelblich, von der Windgälle in Uri, soll die rhombische Modification des Eisenvitriols sein. — Luckit ist ein Mn-haltiger Eisenvitriol, Mallardit, faserig, von Utah, der reine Mn-Vitriol. — Ilesit ist ein Zn- und Fe-haltiges Mangansulfat mit $4H_2O$ von Hall Valley in Colorado. — Pisanit aus der Türkei ist ein kupferreicher Eisenvitriol; Cupromagnesit $(CuMg)SO_4.7H_2O$, grüne Krusten auf der Vesuvlava 1872, ist durch seine Beziehung zum Kupfervitriol interessant.

Kobaltvitriol (Bieberit), gewöhnlich nur in Stalaktiten und als Anflug. Rosaroth. Bieber.

2. Vitriole mit $5H_2O$. Triklin.

Fig. 444.



Kupfervitriol (Chalkantit). $CuSO_4.5H_2O$. Natürliche XX selten und klein, hauptsächlich M = (1$\bar{1}$0)∞′P, T = (110)∞P′ und P = (111)P′, daneben n = (100)∞P$\bar{\infty}$ und s = (121)2P$\breve{2}$. M:T = 123° 10′, P:T = 127° = 40′. — Zumeist stalaktitisch, krustenförmig, in Nieren und als Ausblühung. ⌗ (1$\bar{1}$0)∞′P und (110)∞P′ unvollk. Br. muschlig. H. = 2½, G. = 2,2—2,3. Blau. Glasgl., durchscheinend, widerlich

schmeckend. 31,8 CuO, 32,1 SO_3, 36,1 H_2O, gewöhnlich FeO-haltig. Sich leicht bildendes Zersetzungsproduct von Kupferkies etc. Mit Eisen- und Zinkvitriol auf dem Rammelsberg; Herrengrund; Moldowa; Chessy; Rio Tinto; Cornwall; Chile. — Vesuv. — Bei beträchtlichem Vorkommen wird Cementkupfer daraus hergestellt.

e) Kupfer- und Bleisulfate.

Mineralien von basischem Charakter, bei denen das Wasser ganz oder theilweise als basisches angesehen werden muss.

Brochantit. $CuSO_4.3Cu(OH)_2$ mit 70,36 CuO. Rhombisch. XX klein, aufgewachsen, kurzsäulig mit Verticalstreifung. (110)∞P 104° 32′, (011)P$\breve{\infty}$ 152° 37′, (010)∞P$\breve{\infty}$, (101)P$\bar{\infty}$. — Derb, in faserigen Nieren und körnig. # (010)∞P$\breve{\infty}$ vollk., H. = 3½—4, G. = 3,78—3,9. Smaragdgrün, schwärzlichgrün. Glasgl. und Perlmgl. Durchs. bis durchschein. Str. lichtgrün. — Neben Rothkupfererz, Malachit und Lasur. Gumeschewskische Kupfergruben, Nischne-Tagilsk. Rezbánya, Moldowa, Oberhof an der Lahn. — Krisuvig auf Island (sogen. Krisuvigit). — Nur durch den Gehalt an Krystallwasser chemisch unterschieden: Langit, rhombisch, sehr kleine, grünlichblaue XX, krustenartig auf Schiefer von Cornwall und der begleitende Warringtonit in sehr feinkörnigen Aggregaten. Ebenso Arnimit von Planitz und Herrengrundit (Urvölgyit) von Herrengrund in Ungarn in monoklinen sechsseitigen Täfelchen, dunkelgrün. Der letztere enthält etwas Ca statt Cu.

Linarit (Bleilasur). $PbCuSO_5.H_2O$ mit 55,7 PbO, 19,8 CuO. Monoklin; β = 102° 83′. Kleine, flächenreiche nach der b-Axe gestreckte XX und Zwillinge. # (100)∞P$\bar{\infty}$ sehr vollk., Br. muschlig. H. = 2½—3, G. = 5,3—5,45. Lasurblau; Str. hellblau. Diamantgl., durchschein. — Scheidet bei der Behandlung mit Salzsäure weisses PbCl aus (Unterschied von der sehr ähnlichen Lasur). Linares in Spanien, Caldbeck in Cumberland, Leadhills in Schottland, Rezbánya. Sierra de Capillitas in Argentinien. — Serpierit, basisches Sulfat von Cu und Zn; rhombisch, in sehr dünnen Täfelchen, büschelig gruppirt. Blau. Laurion.

Caledonit. $(PbCu)SO_4.(PbCu)CO_3 + aq$. Rhombisch oder monoklin. XX gewöhnlich längsdomatisch nach (011)P$\breve{\infty}$, (010)∞P$\breve{\infty}$ und (001)oP; andere Flächen sind (110)∞P 95°, (201) 2P$\bar{\infty}$ etc. Sonst nadelige, zu Büscheln gruppirte XX. — # (010)∞P$\breve{\infty}$ deutlich. H. = 2½—3, G. = 6,4. Fettgl., spangrün und bläulichgrün. Leadhills in Schottland; Red Gill in Cumberland; Rezbánya; Beresowsk.

Leadhillit. $4PbSO_4.2CO_2.H_2O$. mit ca. 82% PbO. Monoklin. β = 90° 12½′, scheinbar hexagonale Täfelchen nach (001)oP; Zwillinge und Drillinge, ferner in schaligen Aggregaten. # (001)oP sehr vollk. H. = 2½, G. 6,26—6,55. Diamantartiger Perlmgl. und Fettgl. Weiss, ins Gelbe, Grüne und Graue, durchs. bis durchschein. Leadhills in Schottland, Red Gill in Cumberland; Taunton in Somerset; Iglesias auf Sardinien (hier Maxit genannt). — Susannit von Leadhills und Nertschinsk, chemisch wie Leadhillit, soll aber rhomboedrisch sein, was vielleicht nur die Folge lamellarer Verwachsung ist.

Kröhnkit. $CuSO_4.Na_2SO_4.2H_2O$. Monoklin. β = ca. 116°. Lang prismatische XX oder faserige und stenglige Aggregate; spaltbar. Lichtblau. Calama in der Wüste Atacama.

Lettsomit (Kupfersammterz, Cyanotrichit). $4CuO.Al_2O_3.SO_3.8H_2O$. Rhombisch; kurze Härchen, zu radialen Bündeln und Büscheln gruppirt, als Anflug. Smalteblau. Alt-Moldowa, Grube La Garonne im Dép. du Var, Morenci in Arizona, Utah. — Aehnlich zusammengesetzt Woodwardit, in kleinen blauen traubigen Con-

cretionen. Cornwall; ebenso Spangolith, der zudem noch Cl enthält, rhomboedrisch krystallisirt mit vorherrschender Basis. Arizona; St. Day in Cornwall.

Anhangsweise das einzig bekannte Tellurat:

Montanit. $Bi_2TO_6 . 2H_2O$; erdiger, weicher Ueberzug auf Tetradymit; matt bis wachsartig glänzend. Gelblichweiss. In Salzsäure löslich. Highland in Montana; Davidson Co., N.-Carolina.

B. Chromate. Chromsaure Salze.

Rothbleierz. Chrombleierz. Krokoit. Kallochrom. $PbCrO_4$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0,9602 : 1 : 0,9171$. $\beta = 102^0\ 33'$ (Dauber). — ✕✕ gewöhnlich in Drusen aufgewachsen oder flach aufliegend, langsäulig oder nadelförmig. Flächenreich, am häufigsten $m = (110)\infty P$ $93^0\ 42'$ und $t = (111) -P$ $119^0\ 12'$, daneben $l = (\bar{4}01) 4P\bar{\infty}$, $x = (\bar{3}01) 3P\bar{\infty}$, $f = (120)\infty P\breve{2}$. Auf den Verticalprismen senkrechte Streifung. — Auch derb, eingesprengt, als Anflug.

$(110)\infty P$ ziemlich vollk. Br. muschlig bis uneben; mild. H. $= 2\frac{1}{2} - 3$, G. $= 5,9 - 6$. Durchschein. Fettartiger Diamantgl. Gelblichroth, Str. orange.

68,9 PbO mit 64 Pb, 31,1 CrO_3. Zerknistert stark und schmilzt leicht v. d. L., liefert auf Kohle unter Verpuffen eine Schlacke, die Bleikügelchen enthält. In Salzsäure unter Abscheidung von $PbCl_2$ löslich; in Kalilauge zunächst gebräunt, dann gelöst.

Auf Quarzgängen im Granit mit Bleiglanz bei Beresowsk, Mursinsk und Nischne-Tagilsk. Auf Gangquarz in Talkschiefer von Congonhas do Campo in Brasilien. Labo auf Luzon. Dundas in Tasmanien. Früher zu Rezbánya im Letten.

Aehnlich Mineralien: Realgar, Zinnober.

Phönicit (Melanochroit, Phönikochroit). $Pb_3Cr_2O_9$ (71,4 Pb). Rhombisch. Fächerförmig gruppirte kleine tafelige ✕✕ von nahezu rectangulärem Umriss; auch derb. H. $= 3-4$, G. $= 5,75$. Harzgl., auf der einzigen #-Fläche matallartiger Diamantgl.; kantendurchschein., cochenille- bis kirschroth, Str. ziegelroth. Bei Beresowsk, gewöhnlich vom Rothbleierz umhüllt. — Vauquelinit, ein 10—11% CuO enthaltender Phönicit, derb, dicht und nierenförmig, zeisiggrün. Meist verunreinigt mit Pyromorphit, daher wohl Chromphosphorkupferbleispath, Phosphorchromit genannt. Beresowsk. Die ihm aufsitzenden tafeligen, wahrscheinlich monoklinen ✕✕ von schwarzgrüner Farbe und zeisiggrünem Str. hielt man früher für krystallisirten Vauquelinit; sie enthalten aber Phosphorsäure und sind Laxmannit genannt worden. — Berosovit enthält neben Bleichromit noch Bleicarbonat.

Jossait soll Zink-Bleichromat und rhombisch sein. Kleine undeutliche ✕✕. H. $= 3$, G. $= 5,2$. Orangegelb. Beresowsk.

Tarapacait. K_2CrO_4. Rhombisch, isomorph mit Arcanit; gelb. Im Natronsalpeter von Tarapaca.

C. Wolframate und Molybdate. Wolfram- und molybdänsaure Salze.

Scheelit-Wolframit-Gruppe

von der Formel $CaWO_4$, wo Ca durch Fe, Mn, Pb, — W durch Mo ersetzt werden kann. Isodimorph, theils tetragonal (Scheelitreihe), theils monoklin (Wolframitreihe); die Dimorphie zeigt sich nicht nur an Mischungen, sondern direct an der Substanz $FeWO_4$, die als Reinit tetragonal, als Ferberit monoklin krystallisirt.

	a) **Scheelitreihe.** Tetragonal.	b) **Wolframitreihe.** Monoklin.
$CaWO_4$	Scheelit.	—
$FeWO_4$	Reinit.	Ferberit. } Wolframit.
$MnWO_4$	—	Hübnerit. } Wolframit.
$PbWO_4$	Scheelbleierz (Stolzit).	Raspit?
$CaMoO_4$	Powellit.	—
$PbMoO_4$	Wulfenit.	—

a) **Scheelitreihe.**

Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch; Wulfenit ist ausserdem noch hemimorph.

Scheelit. Scheelspath. Tungstein. $CaWO_4$.

Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch. *a* : *c* = *1* : *1,5356* (Dauber). — XX meist einzeln aufgewachsen, klein, aber gewöhnlich scharf ausgebildet. Habitus zumeist pyramidal, selten tafelig. *n* = (*111*)*P* mit 130° 33′ an der Mittelk.; meist herrscht *P* = (*101*)*P*∞ 113° 52′ vor, gewöhnlich ausgezeichnet durch Streifung parallel Kante *Pa* (Fig. 445); *b* = (*102*)½*P*∞, *o* = (*001*)*oP*; die häufigen Formen *g* = (*313*)*P3* und *a* = (*311*)*3P3* sind hemiedrisch ausgebildet. — Nicht selten Ergänzungszwillinge nach (*100*)∞*P*∞, die sich durchdringen und wie einfache XX erscheinen, aber an der Fiederstreifung auf *P* = (*101*)*P*∞ leicht erkannt werden. — Ueberzieht gern Quarz mit zerstreut stehenden Einzelkrystallen oder zusammenschliessenden krystallinisch-körnigen Krusten; auch eingesprengt, in Nierenform und in Pseudomorphosen nach Wolframit.

Fig. 445.



(*101*)*P*∞ vollk., weniger nach (*111*)*P* und (*001*)*oP*. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 4½—5, G. = 5,9—6,2. Durchschein. Fettgl., oft diamantartig. Graulichweiss ins Gelbe und Braune; selten ganz farblos, gelb, grün, häufig braun, hyacinthroth. Optisch positiv.

19,45 CaO, 80,55 WO_3, gewöhnlich auch MoO_3 (bis zu 8%). — V. d. L. schwer schmelzbar; die Phosphorsalzperle ist im Red.-Feuer heiss grün oder gelb, kalt blau. Salzsäure scheidet gelbe WO_3 ab, die Lösung färbt sich mit Zinn erwärmt blau.

Geht aus der Umwandlung von Wolframit hervor, daher wie dieser charakteristischer Begleiter des Zinnsteins (daher wohl „weisse Zinn-

graupen" genannt). Im Erzgebirge, namentlich Zinnwald (kleine braune XX), Schlaggenwald (weisse derbe Stücke), Ehrenfriedersdorf und Fürstenberg; Cornwall vielorts: Lostwithiel; Tavistock in Devon. In grösserer Menge auf den Zinnerzgruben von Monroe, Conn. — Ohne Zinnerz findet Scheelit sich auf den Bleiglanzgängen von Neudorf am Harz und Carrock Fells in Cumberland; auf Brauneisenlagern von Framont in Lothringen und auf Magnetitlagern von Traversella.

Aehnliche Mineralien: Anglesit, Cerussit und Baryt. — Cuproscheelit (CaCu)WO_4 ist ein 6,8% CuO enthaltender Scheelit von La Paz, Californien.

Reinit. $FeWO_4$. Tetragonal, wahrscheinlich isomorph mit Scheelit, doch zeigen sich wesentliche Winkelabweichungen. H. = 4, G. = 6,64. Halbmetall. Glasgl.; schwarzbraun. Kimbosan in Japan.

Scheelbleierz (Stolzit). $PbWO_4$ mit 45½ Pb. Tetragonal, pyramidal-hemiedr. a : c = 1 : 1,567. — XX klein, spitzpyramidal (211) 2P oder kurz-säulig; selten deutlich ausgebildet, meist garbenförmig oder kuglig aggregirt. # (101)P∞ undeutlich, Br. muschlig. H. = 3, G. = 7,8—8,2. Durchschein. Fettgl. Grau ins Braune und Gelbe; auch grün oder roth. — V. d. L. leicht schmelzbar; auf Kohle Pb-Beschlag; scheidet in Säuren gelbe WO_3 ab. — Auf Quarz und Glimmer sitzend von Zinnwald und Coquimbo in Chile; in rothbraunen Körnchen im goldführenden Quarz von Domo d'Ossola in Piemont, Broken-Hill in Neusüdwales.

Powellit. $CaMoO_4$. Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch. Kleine spitzpyramidale XX von grünlich gelber Farbe; enthält auch etwas Scheelit-Substanz. Peacock-Grube im westlichen Idaho. — Belonesit $MgMoO_4$ (?), bildet kleine weisse tetragonale Nadeln aus einem Gesteinseinschluss in der Vesuvlava von 1872. — Der schwarze derbe Paterait von Joachimsthal ist ein Gemenge, das vorwiegend aus $CoMoO_4$ bestehen soll.

Wulfenit. Molybdänbleispath. Gelbbleierz. $PbMoO_4$.

Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch und zugleich hemimorph. — $a : c = 1 : 1{,}5774$ (Kokscharow). — XX fast immer aufgewachsen mit pyramidalem oder kurzsäuligem, am häufigsten aber mit sehr dünntafeligem Habitus; im letzteren Fall zu zelligen Gruppen vereinigt. $P = (111)P'$ mit 131° 43′ an den Mittelk. $P_, = (11\bar{1})P_,$, $m = (110)\infty P$, $a_, = (00\bar{1})oP_,$; ferner $b = (113)\frac{1}{3}P$, $e = (101)P\infty$ 115° 16′, $d = (203)\frac{2}{3}P\infty$, $o = (102)\frac{1}{2}P\infty$. Besonders die ditetragonalen Prismen, wie $r = (120)\infty P2$ sind hemiedrisch entwickelt; die hemimorphe Ausbildung (Fig. 446) wird nur ausnahmsweise beobachtet. — Auch derbe, drusige und löcherige Aggregate, krystallinische Krusten. Pseudomorphosen nach Bleiglanz.

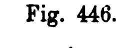
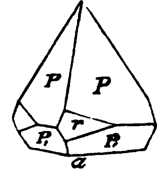


Fig. 446.



$(111)P$ ziemlich vollk. Br. muschlig bis uneben, spröd ins Milde. H. = 3, G. = 6,3—6,9. Fettgl. ins Diamantartige. Durchs. bis durchschein. Wachs-, honig-, citronengelb, grau; selten roth (die rothe Farbe rührt aber wahrscheinlich nicht immer von Cr her).

60,73 PbO (56,4 Pb) und 39,27 MoO_3, nicht selten etwas isomorphes

Ca, auch Vanadinsäure. — V. d. L. unter heftigem Zerknistern leicht schmelzbar und auf Kohle zu Pb reducirbar, durch Säuren zersetzt; mit Schwefelsäure und Alkohol blaue Lösung.

Auf Bleiglanzlagerstätten nicht häufig. Gelbe ⨯⨯ *von Bleiberg und Schwarzenbach in Kärnten (an letzterem Orte eingewachsen in thoniger Gangmasse), graue* ⨯⨯ *von Přibram, roth von Rezbánya, Kirgisensteppe, Phönixville, Pa. Ausgezeichnete Stufen gelber dünntafeliger* ⨯⨯ *kommen von der Grube Tecoma in Utah.*

Eosit. tetragonal, ist ein Wulfenit in isomorpher Mischung mit vanadinsaurem Blei; gelblichroth. Leadhills in Schottland.

b) **Wolframitreihe.** Monoklin.

Ferberit. $FeWO_4$. Wahrscheinlich monoklin, derb in länglichkörnigen Aggregaten mit vollkommener monotomer # der Individuen. Glasgl., schwarz. Str. schwärzlichbraun bis schwarz. Sierra Almagrera in Spanien.

Hübnerit. $MnWO_4$. Monoklin. Braunroth bis schwarz, dunkelroth durchscheinend. Nevada.

Wolframit. Wolfram. $(FeMn)WO_4$.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}8300:1:0{,}8678$. $\beta = 90^0\ 38'$ (Des Cloizeaux). — Die früher für rhombisch gehaltenen ⨯⨯ sind zumeist gross, dicktafelig nach $(100)\infty P\bar{\infty}$ oder kurzsäulig nach $(110)\infty P$; selten sind dünnnadelige ⨯⨯. Starke Verticalstreifung und Neigung zur schaligen Aggregirung. $M = (110)\infty P$ $100^0\ 37'$, $b = (210)\infty P\bar{2}$, $r = (100)\infty P\bar{\infty}$, $P = (10\bar{2}) - \frac{1}{2}P\bar{\infty}$, $u = (011)P\grave{\infty}$ $98^0\ 6'$, $n = (10\bar{2})\frac{1}{2}P\bar{\infty}$, $a = (111) - P$, $s = (121)2P\grave{2}$; die Längsfläche, ausgezeichnet durch ihre #, ist recht selten. Zw. nach $(100)\infty P\bar{\infty}$ ziemlich häufig (Fig. 448); seltener nach $(023)\frac{2}{3}P\grave{\infty}$, wobei die Querflächen beider Individuen sehr nahe ($178^0\ 54'$) in eine Ebene fallen, während die Verticalaxen und damit die Streifung sich unter $119^0\ 54'$ schneiden. — Derb, in strahligen und schalig-blätterigen Aggregaten; zuweilen in Pseudomorphosen nach Scheelit, z. B. die Aikinit genannten von Lostwithiel.

Fig. 447.

Fig. 448.

$(010)\infty P\grave{\infty}$ vollk., Br. uneben, spröd. H. $= 5-5\frac{1}{2}$, G. $= 7{,}14$ bis 7,54. Fettiger unvollk. Mgl., auf $(010)\infty P\grave{\infty}$ zuweilen diamantartig. Undurchs., selten (Grube Bajewka bei Katharinenburg) in dünner Schicht durchs. Pech- und eisenschwarz ins Braune und röthlich Braune. Str. dunkelrothbraun (wenn Mn-reich) bis schwarz (wenn Fe-reich).

Isomorphe Mischung von $FeWO_4$ (Ferberit) und $MnWO_4$ (Hübnerit) in wechselnden Verhältnissen; bei einem Gehalt von rund 75 WO_3 finden

sich etwa 2—19 FeO und 6—22 MnO. **Megabasit** von Schlaggenwald ist ein besonders Mn-reicher (20—23 MnO) Wolframit. Enthält zuweilen etwas Ca, Niob- und Tantalsäure. — V. d. L. schwer zur magnetischen Kugel schmelzbar. Das mit concentrirter Schwefelsäure erwärmte Pulver färbt sich blau; der nach der Behandlung mit Salzsäure bleibende gelbe Rückstand löst sich grösstentheils in Ammoniak.

Charakteristischer und steter Begleiter auf Zinnerzlagerstätten und wie Zinnstein auf Granite und verwandte Gesteine sowie deren Nähe beschränkt, cfr. daher Fundorte und begleitende Mineralien beim Zinnstein. Ohne Zinnstein auf den Bleiglanzgängen von Neudorf am Harz, öfters auf Quarzgängen neben Beryll im Granit, Aduntschilon bei Nertschinsk; Limoges (Chanteloube). Selten, analog dem Zinnstein, in jungen Gesteinen, wie im Trachyt von Felsöbánya als dünne Nadeln.

Aehnlich: Columbit. Verwendung zu Schmelzfarben und Wolframstahl, zur Herstellung von Na_2WO_4 für unverbrennliche Stoffe.

Raspit. $PbWO_4$. Monoklin, aber Isomorphie mit Wolframit noch nicht erwiesen. Broken Hill.

D. Uranate. Uransaure Salze.

Die hierher gehörigen Mineralien sind in ihrer chemischen Constitution noch nicht genügend erkannt. Das wichtigste Mineral, das Uranpecherz mit seinen Abarten, hat man wohl als Salz der hexahydrischen Uransäure $U(HO)_6$ deuten wollen. Bei der grossen Mehrzahl handelt es sich um Verwitterungsproducte dieses Uranpecherzes, die vielfach dabei Schwefel- oder Kieselsäure aufgenommen haben, wodurch die Deutung noch mehr erschwert wird.

Uranpecherz. Pechblende. Nasturan. Uraninit. $(UPb_2)_3U_2O_{12}$.

Regulär, holoedrisch. — XX sehr selten *(111)O*, *(110)∞O* und *(100)∞O∞*; gewöhnlich derb und dicht, eingesprengt mit scheinbar amorphem Aussehen, seltener nierenförmig mit stengliger, krummschaliger Structur.

Br. muschlig, spröd. H. = 3—6, G. = 5—9. Undurchs. Auf frischem Br. Fettgl., sonst matt. Schwarz ins Grünliche oder Bräunliche. Str. dunkelgrün bis bräunlichschwarz.

Die oben angegebene Formel ist rein theoretisch; früher als UO, U_2O_3 gedeutet und mit der Spinellgruppe in Verbindung gebracht; ca. 80—85 Uranoxyde, 3—10 PbO, verunreinigt durch FeO, CaO, SiO_2 und H_2O, auch Bi ist vorhanden; bemerkenswerth ist der Gehalt an seltenen Erden der Lanthangruppe, an Stickstoff und namentlich an Helium. — V. d. L. unschmelzbar, Boraxperle im O.-F. gelb, im R.-F. grün. In warmer Salpetersäure löslich: mit Ammoniak schwefelgelber Niederschlag.

Auf Erzgängen neben Bleiglanz und Silbermineralien, selten in grösserer Menge. Schneeberg, Annaberg, Marienberg, Johann-Georgen-

stadt, Joachimsthal; Přibram; mehrorts in Cornwall. — Sonst als Gemengtheil in manchen skandinavischen Graniten: auf Anneröd und am Vandsjö in Norwegen, bei Oeregrund in Schweden, ebenso in Connecticut, in Nordcarolina und neuerdings in Colorado. —

Uranpecherz verwittert leicht und bildet dabei mannichfache Umwandlungsmineralien, namentlich Phosphate und Sulfate. — Findet Verwendung zu Glas- und Porcellanfarben und zur Herstellung des Uranglases, neuerdings besonders wichtig durch seinen Gehalt an radioactiven Elementen.

Pittinerz ist angewittertes Pecherz, das geringere Härte (3—4) und Gewicht (4,8—5,5) sowie grünen Strich angenommen hat. Erzgebirge. — Coracit, ein unreines Pecherz von der Nordküste des Oberen Sees. — Cleveit, ein Pecherz mit einem Gehalt an Y, Er, Ce, Th und in Folge von Verwitterung auch ca. $4H_2O$; besonders interessant ist der Gehalt an Argon und Helium, d. h. von Elementen, die sonst nur im Sonnenspectrum und in den Thermen von Wildbad im Schwarzwald bekannt waren. Im Feldspath zu Garta bei Arendal. — Bröggerit (Thoruranin), ein Pecherz mit wesentlichem Th-Gehalt. Insel Moss bei Christiania. — Uranoniobit, ein Nb_2O_5-haltiges Pecherz von Strömsheien in Säterdalen.

Uranosphärit. $Bi_2U_2O_9.3H_2O$. Ziegelrothe bis orangegelbe, feindrusige Warzen. G. = 6,36. Grube Weisser Hirsch bei Neustädtel im Erzgebirge.

Uranocker. Schwefel- bis citrongelber pulveriger Anflug oder Ueberzug auf Uranpecherz und Glimmerschiefer von Johann-Georgenstadt und Joachimsthal. Ein Vorkommen desselben Fundortes, das in sammetähnlichen gelben Rinden auftritt und annähernd auf die Formel $8UO_3, CaO.2SO_3.25H_2O$ führt, ist Uranopilit genannt.

Uranvitriol (Johannit) ist im Wesentlichen wasserhaltiges Uransulfat, enthält daneben noch etwas Cu. Monoklin. $\beta = 94^\circ 20'$. Die sehr kleinen, prismatisch spaltenden X X bilden nierige Aggregate. H. = 2—2½. Farbe und Str. grasgrün. Joachimsthal und Johann-Georgenstadt. — Uranblüthe (Zippeit), ähnlich zusammengesetzt wie Uranvitriol; die haar- oder schuppenförmigen Kryställchen sind rosetten- oder fächerartig gruppirt; schwefelgelb. Auf alten Strecken und Halden zu Joachimsthal. Daselbst kommt auch eine citron- bis orangegelbe Uranblüthe vor, die kein Cu enthält und blosses Uransulfat zu sein scheint.

Uranophan. $CaU_2Si_2O_{11}.5H_2O$. Rhombisch. Mikroskopisch kleine nadelige Kryställchen, meist aber derbe, scheinbar dichte Aggregate. Br. der Aggregate uneben oder flachmuschlig. H. = 2½, G. = 2,6—2,7. Honiggelb bis zeisiggrün, auch schwärzlichgrün. Von Säuren zersetzt. In Granitapophysen bei Kupferberg in Schlesien. — Uranotil, chemisch vom Uranophan nicht verschieden; die feinen zu sternförmigen Aggregaten gruppirten Krystallnadeln haben aber eine andere Spaltrichtung. Citrongelb. Auf Flussspath bei Wölsendorf in Bayern; Joachimsthal.

Gummit (Gummierz. Rothes Pechuran). $(PbCaBa)SiU_3O_{12}.5H_2O$. Kryptokrystallin, scheinbar amorph. Derb, eingesprengt, in Trümmern, selten nierenförmig. Br. muschlig. H. = 2½—3, G. = 3,9—4,5. Undurchs. Fettgl. Röthlichgelb, hyacinthroth. Str. gelb. Stark verunreinigt, namentlich mit Manganoxyden und Phosphorsäure. V. d. L. unschmelzbar. Mit Uranpecherz bei Joachimsthal, Schneeberg, Johann-Georgenstadt. Flat rock mine, Mitchell Co., Nord-Carolina. — Eliasit, amorph erscheinend, Br. klein muschlig, spröd. H. = 3½, G. = ca. 4. Dunkelröthlichbraun. Str. gelb. In plattenförmigen Trümmern von der Eliasgrube bei Joachimsthal. Scheint nur ein stark verunreinigter und verwitterter Gummit zu sein.

VIII. Klasse. Niobate, Tantalate, Phosphate, Arseniate, Antimoniate, Vanadate.

Die analoge Constitution ihrer Säuren, die dem trihydrischen Typus H_3RO_4 entsprechen oder sich davon ableiten, sowie die vielfache Verknüpfung durch Isomorphie bedingen die Zusammenfassung der in der Ueberschrift genannten Salze zu einer Klasse. Eine Anordnung nach der Basicität der Säure: Salze der Orthosäure H_3PO_4 oder der Pyrosäure $H_4P_2O_7$ oder der Metasäure HPO_3 ist im Allgemeinen befolgt, dagegen sind die basischen (und sauren) Salze nicht besonders abgetrennt, sondern zu den wasserhaltigen Verbindungen gezogen, weil es in den meisten Fällen zweifelhaft bleibt, wie viel von dem bei der Analyse gefundenen Wasser auf Krystallwasser, wie viel auf basischen Wasserstoff zu beziehen ist.

A. Niobate und Tantalate.

Spärlich verbreitete Mineralien, deren seltene Säuren häufig noch an seltene Erden (Y, Er, Ce) gebunden sind. Vielfach eisen- oder pechschwarz, manche sehen scheinbar amorph aus. Die Art ihres Vorkommens ist höchst charakteristisch, indem sie durchweg in Granit und granitischen Gängen eingewachsen sind; daher namentlich norwegische, schwedische, uralische Fundorte.

1. Verbindungen der Orthosäuren.

Fergusonit (Brauner Yttrotantalit. Tyrit. Bragit). $Y(NbTa)O_4$ mit einem geringen Gehalt an Helium. Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch und isomorph mit Scheelit. a : c = 1 : 1,464. Undeutliche, kornartige ⨯⨯ oder sehr spitze Bipyramiden. Br. muschlig bis uneben. H. = $5^1/_2$—6, G. = 5,8—5,9. Auf dem frischen Br. starker fettiger bis halbmetallischer Glanz. Bräunlich bis pechschwarz, Str. hellbraun. Durchschein. bis undurchs. V. d. L. Erglühen. Cap Farewell in Grönland. Ytterby; Helle bei Arendal (sogen. Tyrit); Schreiberhau im Riesengebirge. — Kochelit, enthält Nb, Zr, Y, Fe; gelbe Quadratoktaeder und Krusten im Granit. Kochelwiesen bei Schreiberhau. — Sipylit, wesentlich niobsaures Er, vielleicht isomorph mit Fergusonit; meist in unregelmässigen Partien. H. = ca. 6. Bräunlichschwarz, metallischer Harzglanz. Leuchtet v. d. L. auf. Little Friar Mountains, Virginia.

Stibiotantalit. $Sb(TaNb)O_4$. Röthlich- und grünlichgelbe Körner, diamantglänzend, aus den Zinnseifen von Greenbushes in Westaustralien.

2. Verbindungen der Pyrosäuren.

Yttrotantalit, wesentlich $Y_4(Ta_2O_7)_3$, daneben Er, auch etwas Ca und Fe. Rhombisch, eingewachsen, in seltenen und wenig scharfen ⨯⨯ von prismatischem

oder tafeligem Habitus. In derber Form glasiges amorphes Aussehen. H. = 5—5½, G. 5,4—5,9. Br. muschlig bis uneben. Sammetschwarz, Str. grau; halbmetallischer Glanz. Ytterby und Fahlun. — Neben diesem schwarzen giebt es noch einen gelben Yttrotantalit von gleicher Zusammensetzung, der wie amorph erscheint und Glas- bis Fettgl. hat. Ytterby und Korarfvet in Schweden.

Hjelmit, nur verwittert bekannt, im Wesentlichen tantalsaures Ca, Fe, Mn; daneben Sn, W, U, Y, Ce; ähnlich dem schwarzen Yttrotantalit. XX anscheinend rhombisch, sehr selten; eingesprengt. H. = 5, G. = 5,82. Korarfvet im Granit.

Samarskit (Yttroilmenit, Uranotantalit), im Wesentlichen ein Niobat (Tantal tritt meist gegen Nb zurück) von Fe, Y, Ca, Er mit einem nicht unbeträchtlichen Urangehalt. Rhombisch; die seltenen XX prismatisch oder tafelig nach (100)∞P̄∞ und (010)∞P̆∞; (110)∞P 122° 46′. In platten Körnern und in unregelmässigen Massen von glasigem, amorphem Aussehen, eingewachsen in Feldspath des Granits. H. = 5—6, G. = 5,6—5,8. Spröd. Auf dem muschligen Br. hoher halbmetallischer Gl. Sammetschwarz, Str. rothbraun. Undurchs. Verglimmt v. d. L. wie Gadolinit; von concentrirter Schwefelsäure völlig gelöst. Mit Columbit zusammen zu Miask und in grösseren Klumpen in Nord-Carolina. — Nohlit von Nohl in Schweden ist nur ein wasserhaltiges Zersetzungsproduct, ebenso Rogersit, als Kruste auf Samarskit. Mitchell Co., N.-C.

Ånneroedit, rhombisch, enthält etwas Wasser, sonst chemisch nahezu wie Samarskit, der Form nach aber wie Columbit. Br. unvollk. muschlig. H. = 6, G. = 5,7. Schwarz, fettiger halbmetallischer Gl., undurchs. Pegmatitgang von Ånneröd auf Moss.

Mikrolith, wesentlich $Ca_2Ta_2O_7$, daneben Nb_2O_5 und etwas Fe und ausserdem als Vertreter für Kalk Alkalien und alkalische Erden. Regulär, meist (111)O und (110)∞O, seltener (211)2O2, (311)3O3, (221)2O. Br. muschlig. H. = 5—6, G. = 5,5—5,6. Gelblich, röthlichbraun und braunschwarz; fettiger Glasgl. Kleine gelbe Oktaeder im Albit von Chesterfield, Mass., grössere XX und derbe Partien aus virginischen Glimmergruben; auch von Elba und Utö.

Koppit, wesentlich $Ca_2Nb_2O_7$, daneben Ta_2O_7 und etwas F und als Ersatz für Ca in grösserer Menge Ce, Di und La; wurde früher mit Pyrochlor vereinigt, enthält aber kein Ti. In regulären Würfeln, braun, durchs. Mit Apatit im körnigen Kalk von Schelingen am Kaiserstuhl.

3. Verbindungen der Metasäuren.

Columbitgruppe. Die Verbindung $(FeMn)(NbTa)_2O_6$ ist dimorph: rhombisch und tetragonal. Da bald Nb_2O_5, bald Ta_2O_5 vorwiegt, so lässt jede der beiden Modificationen eine Unterscheidung zweier Glieder zu: die Niobmineralien Columbit und Mossit und die Tantalmineralien Tantalit und Tapiolit.

Columbit (Niobit, Mengit). $(FeMn)(NbTa)_2O_6$. Rhombisch, holoedrisch. In Form und Aussehen ganz wie Wolframit. XX stets eingewachsen, meist tafelig nach der vertical gestreiften Längsfläche oder querprismatisch; am häufigsten die 3 Pinakoide, dazu (130)∞P̆3 101° 26′, (201)2P̄∞ 62° 40′. Zw. nach (201)2P̄∞. Derb und eingesprengt. — # (010)∞P̆∞ ziemlich vollk., weniger nach der Querfläche und der Basis. Br. muschlig bis uneben. H. = 6, G. = 5,37—5,39. Blendeartiger Glanz, auf dem Br. etwas fettig. Bräunlich- bis eisenschwarz. — V. d. L. unschmelzbar, von Säuren nicht angegriffen, wohl aber von Kaliumbisulfat zersetzt. — Eingewachsen in Granit, besonders in dessen Feldspath. Zwiesel, Bodenmais, Chante-

loube, Tammela in Finland, Miask, Haddam, Conn.; Chesterfield, Mass., Pike's Peak, Col. Mit Kryolith von Evigtok in Grönland.

Mossit ist die tetragonale Modification der Columbitsubstanz. Insel Moss im Christianiafjord. — Adelpholith von Laurinmäki in Finland ist wohl nur ein wasserhaltiges Zersetzungsproduct des Mossit.

Tantalit $(FeMn)(TaNb)_2O_6$. Rhombisch, holoedrisch; isomorph mit Columbit, aber dennoch im Habitus wenig ähnlich. ⨯⨯ meist säulig oder dicktafelig nach der Längsfläche. Derb und eingesprengt. # kaum wahrzunehmen. Br. muschlig bis uneben. H. = 6—6½, G. = 6,3—8. Blende- und fettartiger Mgl. Eisenschwarz, Str. schwarzbraun. Undurchs. — V. d. L. und in Säuren unveränderlich. Im Granit von Skogböle (Kirchspiel Kimito) und Härkäsaari (Kirchspiel Tammela) in Finland; Broddbo und Finbo bei Fahlun. Chanteloube. — Im Manganotantalit ist fast alles Fe durch Mn ersetzt. Sanarka im Ural. — Ixionolith (Ixiolith, Kassiterotantalit) ist eine Varietät mit etwas SnO_2. Skogböle.

Tapiolit, zusammengesetzt wie Tantalit, aber tetragonal, holoedrisch; ⨯⨯ stimmen in der Form ganz mit denen des Rutil überein. H. = 6, G. = 7,36—7,5. Schwarz, stark glänzend. Sukkula im Kirchspiel Tammela in Finland. — Der fast Nb-freie Skogbölit (Tammela-Tantalit), früher für rhombisch gehalten, stellt Zwillingsverwachsungen von Tapiolit vor.

B. Phosphate, Arseniate, Antimoniate, Vanadate.

Hierher gehört eine sehr grosse Zahl, aber mit Ausnahme der 2. Abth. wenig wichtiger Mineralien, für die ausser der analogen Constitution ihrer Säuren sich keine anderen gemeinsamen Merkmale hervorheben lassen.

1. Abtheilung. Wasserfreie Phosphate etc.

1. Phosphate.

Triphylin. $FeLiPO_4$, ein Theil Fe durch Mn vertreten. Rhombisch, holoedrisch. ⨯⨯ selten, meist derb in grobkörnigen Aggregaten. # nach der Basis in unzersetzten ⨯⨯ deutlich. H. = 4—5, G. = 3,5—3,6. Grünlich grau, meist blau gefleckt; äusserlich auch bräunlichschwarz. Str. grauweiss. Fettgl., in dünnen Splittern durchs. Leicht löslich in Salzsäure. In Pegmatitgängen; mit Beryll am Rabenstein bei Zwiesel; Norwich, Mass. — Tetraphylin ist ein gelber, bei der Verwitterung schwarz werdender Triphylin von Ketyö im Kirchspiel Tammela, Finland. — Pseudotriplit, ein verwitterter brauner Triphylin, wobei sich viel Grüneisenerz gebildet hat. Bodenmais. — Graftonit ist ein Ca-haltiger Triphylin, lachsfarben, von Crafton, New-Hampshire. — Lithiophilit $MnLiPO_4$ ist ein Mn-reicher und Fe-armer Triphylin, lachsfarbig bis bräunlichgelb, von Branchville, Conn. und Tubbs Farm in Maine. — Als isomorphe Abänderungen des Triphylin haben weiter zu gelten: Natrophilit $NaMnPO_4$, bernsteinfarben, von Branchville, Conn. und Beryllonit $NaBePO_4$, rhombisch, in flächenreichen säuligen oder tafeligen ⨯⨯ und Zw. nach (110)∞P. # (001)oP sehr vollk. Br. quarzähnlich. H. = 5½—6. G. = 2,84. Farblos oder weisslich bis gelblich. Aus Granit von Stoneham in Maine.

Ytterspath (Xenotim). YPO_4, ein Theil des Y wird durch Er und Ce vertreten, daneben UO_2, SO_3 und Helium. Tetragonal. Kleine ⨯⨯ von der Form des Zirkon und entweder mit prismatischem oder pyramidalem Habitus, ein- und aufgewachsen, auch lose. Derb und eingesprengt. # (110)∞P vollk. Br. uneben,

splittrig. H. = 4—5, G. = 4,45—4,56. Fettgl., gelblich und röthlichbraun, fleischroth, auch hellgrau, in dünnen Splittern durchschein. Gern mit Zirkon verknüpft. Aus Graniten und Gneissen. Hitterö, Ytterby; Schreiberhau und Königshayn in Schlesien; als Wiserin aufgewachsen in honiggelben XX vom St. Gotthard und im Binnenthal, doch ist ein Theil davon Anatas; als Castelnaudit, lose, in abgerundeten Splittern, in Diamant führenden Sanden von Bahia, Dattas und Saõ Paulo in Brasilien; auch in Goldseifen von Clarksville in Georgia und Brindletown in Nord-Carolina. — Es scheint, als ob aller Ytterspath secundär aus einem Hussakit genannten Sulfatophosphat $3R_2O_3$, SO_3, $3P_2O_5$, wo R = Y und Er, hervorgegangen ist.

Monazit. Turnerit. Edwardsit. Emerit. $(CeLa)PO_4$.

Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,9693* : *1* : *0,9256*. β = 103° 40′ (E. S. Dana). — XX einzeln ein- oder aufgewachsen, auch lose; dicktafelig oder querprismatisch, mit vorherrschender Querfläche (*100*)∞*P*$\bar{\infty}$, dazu (*110*)∞*P* 93° 23′, (*011*)*P*$\grave{\infty}$ 96° 18′, (*101*)—*P*$\bar{\infty}$ etc. Zuweilen Zw. nach (*100*)∞*P*$\bar{\infty}$. — Am häufigsten in Form von Sandkörnern und Geröllen, z. Th. durchsprengt mit Thorit.

(*001*)*oP* vollk., etwas weniger (*100*)∞*P*$\bar{\infty}$. Br. muschlig. Spröde. H. = 5—5½, G. = 4,9—5,3. Fettiger Glasgl., meist nur durchschein. Roth, rothbraun, namentlich aber gelbbraun und bräunlichgrau. Charakteristisches Absorptionsspectrum.

Enthält bis zu 70% der seltenen Erden aus der Cer- und Yttriumgruppe, namentlich Ce und La, daneben namentlich noch Di und in geringer Menge, aber technisch wichtig ½—7% Thorerde, die aber nur z. Th. auf mechanische Beimengung von Thorit zurückzuführen ist. — V. d. L. schwer bis unschmelzbar, von Salzsäure zum grössten Theil gelöst; mit Schwefelsäure befeuchtet grüne Flammenfärbung.

Neuerdings wichtig geworden durch den Gehalt an ThO_2, *wichtigstes Material für das Gasglühlicht. — Aufgewachsene XX (Turnerit) auf Klüften von Silicatgesteinen: Frossnitz-Alpe bei Prägratten, Tavetsch-, Cornera-, Maderaner- und Binnenthal, Dauphiné und in Auswürflingen des Laacher Sees. — Eingewachsen in Graniten und Augengneissen, öfters nur mikroskopisch, zuweilen auch grössere Massen, so 20 Pfund schwere Massen zu Amelia Court House, Va. Schreiberhau im Riesengebirge, Schüttenhofen im Böhmerwald, Nöterö in Norwegen, Miask, Nord-Carolina, Brasilien. Technisch wichtig allein das secundäre Vorkommen in Flusssanden, auf Diamant- und Goldwäschen. Fluss Sanarka im Ural, Nord- und Süd-Carolina, Connecticut, Quebec, Tasmanien, namentlich aber in Brasilien (Antigua, Bahia, Minas Geraes, Caravellos, San Pedro) und vom Rio Chico bei Antioquia in Columbien. Als Begleiter die üblichen Seifenmineralien, im Besonderen Granat, Zirkon, Thorit, Chromit, Gold, Diamant.*

Kryptolith (Phosphocerit) ist ein besonders Cer-reicher Monacit, in fast mikroskopischen Nädelchen eingewachsen in Apatit von Arendal.

2. Arseniate.

Berzeliit. $(CaMg)_3As_2O_8$, etwas Mn enthaltend. Regulär, fast nur in derber Form bekannt; honig- bis schwefelgelb, fettglänzend. H. = 5, G. = 4,07—4,09. Oefters doppelbrechend. Mit Hausmannit eingewachsen in Kalkstein von Långbanshyttan. — Ebendaher Karyinit, ein vorzugsweise Pb- und Mn-haltiger Berzeliit; derb, anscheinend monoklin, braun. Fettgl. H. = 3—3½, G. = 4,25. — Pyrrhoarsenit ist ein Manganberzeliit, bei dem aller Kalk und auch der grösste Theil von MgO durch MnO, ferner etwas As durch Sb ersetzt ist; bildet rothe Adern im Hausmannit der Sjö-Grube in Oerebro.

Carminspath (Carminit) ist ein Eisen-Bleiarseniat, rhombisch, in büscheligen und traubigen Aggregaten von feinnadeligem Aufbau. Glasgl., carmin- bis ziegelroth. Auf Quarz und Brauneisen von Horhausen.

Trippkeit, soll arsenigsaures Kupfer sein. In kleinen glänzenden tetragonalen XX, blaugrün. Copiapó in Chile.

3. Antimoniate.

Atopit. $Ca_2Sb_2O_7$ mit etwas Fe, Mn und Na. Regulär. (111)O und (110)∞O, (100)∞O∞. H. = 5½—6, G. = 5,3. Gelbbraun, Fettgl., halbdurchs. Sehr selten, eingewachsen in Hedyphan bei Långban in Wermland. — Romeit, vielleicht $Ca_2Sb_3O_8$, d. h. Doppelsalz von Ca-Antimonit und Ca-Antimoniat, oder aber $CaSb_2O_4$. In kleinen tetragonalen Bipyramiden, die Glas ritzen. Honiggelb bis hyacinthroth. St. Marcel in Piemont.

Tripuhyit. $Fe_2Sb_2O_7$ (?). Doppelbrechende, mikrokrystalline Aggregate. Gelblichgrün mit gelbem Str. G. = 5,82. Aus zinnoberführenden Sanden von Tripuhy, Minas-Geraës. — Ebendaher

Lewisit. $5CaO.3Sb_2O_5.3TiO_2$. In sehr kleinen regulären Oktaedern und Zw. nach (111)O. H. = 5½, G. = 4,95. Honiggelb bis kolophoniumbraun, glas- bis fettglänzend.

Manganostibiit. $10MnO,Sb_2O_5$ (?), braunschwarze, dem Hausmannit ähnliche Körner im Kalkstein von Nordmarken; enthält auch etwas As, Ca und Fe. — Andere nach ihrer Constitution noch nicht genügend aufgeklärte Antimoniate von Mn und Fe schwedischen Ursprungs sind Hämatostibiit, Ferrostibian, Magnetostibian, Chondrostibian, Stibiatil.

Bleiniere (Bindheimit). Gemenge, im Wesentlichen Bleiantimoniat mit Wasser. Derb, nierig, knollig; compact oder erdig. H. = 4,6—5, G. = 4,6—5. Weiss, gelb, braun, grau, grünlich. Nertschinsk; Lostwithiel in Cornwall; Horhausen.

Monimolit. $Pb_3Sb_2O_8$ mit etwas FeO bezw. CaO. Regulär. (100)∞O∞ mit (111)O oder (111)O mit (311)3O3. Dunkelbraun bis schwarz oder bräunlichgrün. Halbmetallischer bis fettiger Gl. Pajsberg und Långban.

Thrombolith. Amorphes Umwandlungsproduct von Fahlerz, enthält CuO, Sb_2O_5 und auch etwas H_2O. H. = 3—4, G. = 3,67. Spröd mit muschligem Br. Smaragd- bis schwärzlichgrün. Glasgl. Rezbánya. — Rivotit, enthält noch etwas Ag und viel CO_2. Gelblichgrün bis graulichgrün. Im Kalkstein der Sierra del Cadi, Provinz Lerida.

4. Vanadate.

Pucherit. $BiVO_4$. Rhombisch. Sehr kleine, einzeln aufgewachsene XX von der Form des Euchroit. ♯ (001)oP vollk. Glas- bis Diamantgl., röthlich bis

bräunlich. H. = 4, G. = 6,249. Pucherschacht bei Schneeberg in Sachsen, Grube Sosaer Glück bei Eibenstock, Grube Arme Hilfe bei Ullersreuth im Vogtland.

Dechenit. PbV_2O_6, enthält auch Zn und ist vielleicht nichts anderes als Descloizit. Rhombisch, meist nur in mikrokrystallinen, warzigen und schaligen Aggregaten; auch pseudomorph nach Bleiglanz. H. = 3½, G. = 5,81—5,83. Dunkelroth, gelbroth und braun. Str. gelb. Fettglänzender Br. Kantendurchschein. Trümmer in Buntsandsteinletten von Niederschlettenbach in der Pfalz; in gelbrothen Krusten von Zähringen in Baden; Kappel in Kärnten. Als Eusynchit von Hofsgrund bei Freiburg im Breisgau.

2. Abtheilung. Chlor- und fluorhaltige Phosphate etc.

Die hierher gehörigen Mineralien sind Salze der dreibasischen Orthophosphorsäure $(PO_4)H_3$ bezw. Orthoarsensäure $(AsO_4)H_3$, bei denen der basische Wasserstoff ausser durch Metalle auch noch durch Halogene wie Cl, F, J und in seltenen Fällen durch das Hydroxyl (HO) ersetzt werden kann. Die frühere Deutung, dass es sich um Doppelsalze, beispielsweise um die Verbindung eines Phosphats mit einem Chlorid handele, ist schon deswegen unzulässig, weil ein Auslaugen des Chlorids, also eine Zersetzung durch Wasser nicht eintritt.

Apatitgruppe.

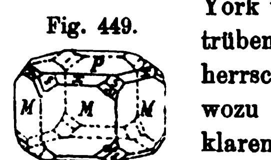
Die isomorphen Glieder dieser Gruppe sind ausgezeichnete Vertreter der pyramidalen Hemiedrie des hexagonalen Systems. Das typische Mineral, der Apatit, hat die Formel $FCa_5(PO_4)_3$ und leitet sich aus 3 Mol. der Orthophosphorsäure $(PO_4)H_3$ ab; die übrigen Glieder stellen die entsprechenden phosphor- bezw. arsen- und vanadinsauren Salze des Bleis und deren isomorphe Mischungen dar. Vornehmlich lassen sich unterscheiden:

Apatit. $\left\{ \begin{array}{c} FCa_5(PO_4)_3 \\ ClCa_5(PO_4)_3 \end{array} \right\}$ a : c = 1 : 0,7346.
Pyromorphit. $ClPb_5(PO_4)_3$ = 1 : 0,7365.
Mimetesit. $ClPb_5(AsO_4)_3$ = 1 : 0,7276.
Vanadinit. $ClPb_5(VO_4)_3$ = 1 : 0,7122.

Apatit. $FCa_5(PO_4)_3$ bezw. $ClCa_5(PO_4)_3$.

Hexagonal, pyramidal-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0,7346$ (Kokscharow). — XX ein- und aufgewachsen, oft sehr gross wie diejenigen aus New-York und Canada. Der Habitus der eingewachsenen und trüben XX ist langsäulig und holohexagonal mit der herrschenden Combination $M = (10\bar{1}0)\infty P$, $P = (0001)oP$, wozu öfters auch $x = (10\bar{1}1)P$ tritt; dagegen haben die klaren, auf Klüften von Silicatgesteinen (z. B. in den Alpen) aufgewachsenen oder neben Zinnstein (z. B. im Erzgebirge) vorkommenden XX meist dicktafeligen Habitus, sind flächenreicher und zeigen ausgezeichnet hemiedrische Entwicklung. Neben den genannten Flächen erscheinen hier noch und sind durch Zonenverband mit einander verknüpft: die Bipyramiden I Art $r = (10\bar{1}2)\frac{1}{2}P$ und $z = (20\bar{2}1)2P$,

Fig. 449.



Prisma und Bipyramide II Art $e = (11\bar{2}0)\infty P2$ und $s = (11\bar{2}1)2P2$, sowie die hemiedrisch entwickelten Formen $u = (21\bar{3}1)3P^3/_2$, $t = (31\bar{4}1)4P^4/_3$, $h = (21\bar{3}0)\infty P^3/_2$ etc. Die Hemiedrie ist auch sonst jederzeit durch die charakteristischen monosymmetrischen Aetzfiguren auf den Prismenflächen nachzuweisen. Der Winkel $M^{\vee}x$ = ca. 130$^1/_2$° nimmt mit steigendem Cl-Gehalt ab. Die Prismenflächen sind oft vertical gestreift, nicht selten sind die XX rauhflächig und bei den in körnigen Kalk eingewachsenen sind die Ecken und Kanten abgerundet, wie geflossen. — Derb, in dichten, körnigen, faserigen, strahligen Aggregaten, knollig, nierig, traubig und in chalcedonartigen Krusten (Staffelit von der Lahn), erdig.

Keine #, aber doch recht häufig ebenflächige schalige Ablösung nach $(0001)oP$ und $(10\bar{1}0)\infty P$. Br. muschlig, spröd. H. = 5, G. = 3,16 bis 3,22. Glgl., auf dem Br. Fettgl. Wasserklar oder trüb und undurchs. Farblos und in jeglichen Farben zufällig gefärbt: gelblichgrün und ölgrün (Spargelstein), entenblau (Moroxit), violett, ziegelroth etc. Zuweilen stark pleochroitisch. D.-Br. negativ und schwach; $\omega = 1{,}646$, $\varepsilon = 1{,}642$ für gelb; vielfach optisch zweiaxig und daher nach Mallard aufgebaut aus Drillingen monokliner XX. Beim Erhitzen phosphorescirend.

Isomorphe Mischungen von Chlor- und Fluorapatit; der erstere enthält 40,93 P_2O_5 und 6,81 Cl, der andere 42,26 P_2O_5 und 3,78 F. Beimengungen von Mg, Fe, Mn und in Folge von Verwitterung von $CaCO_3$ werden öfters beobachtet. Dem Analysenresultat würde auch genügt durch die Formel $3Ca_3P_2O_8 + Ca(ClF)_2$, da aber $CaCl_2$ nicht durch Wasser ausgelaugt werden kann, so entspricht diese Formel nicht der Constitution. — V. d. L. schwierig und nur an den äussersten Kanten schmelzbar. In Säuren und schmelzendem Kochsalz leicht löslich. Die Phosphorsäure fällt bei Behandlung mit molybdänsaurem Ammoniak als eigelber Niederschlag.

Vorkommen weit verbreitet und in mancherlei Formen. Als Gemengtheil, wenn auch meist mikroskopischer, von Eruptivgesteinen; auf Klüften und Drusenräumen wie auf selbständigen Gängen; eingesprengt in manchen krystallinischen Schiefern; vielfach auf Magneteisen- und sonstigen Eisenerzlagerstätten. In Nestern in Kalksteinen und auf metasomatischen Lagerstätten; als knollige Concretion und in Geröllform, als Versteinerungsmedium (Koprolithe etc.) und künstlich.

Man unterscheidet:

a) Apatit im engeren Sinn. Dahin die phanerokrystallinen Ausbildungsformen. 1. Steter accessorischer Gemengtheil von Eruptivgesteinen, in langen Nadeln die übrigen Gemengtheile durchspiessend, meist erst mikroskopisch sichtbar, seltener wie im Dolorit von Meiches, im Teschenit etc. mit blossen Augen wahrzunehmen. Ebenso in vulkanischen Auswürflingen, z. B. Somma, Laacher See. Desgleichen in manchen

krystallinen Schiefern: im Talkschiefer des Greiner im Zillerthal (Spargelstein), im Chloritschiefer von Pfitsch. — 2. Auf selbständigen, oft unregelmässigen und taschenartigen Gängen in räumlicher und genetischer Verknüpfung mit Silicatgesteinen; technisch wichtig. Im Gabbro (Hornblende-Skapolithfels) und Hornblendeschiefer der Apatitregion zwischen Arendal und Langesundfjord (Bamle) neben Enstatit und Phlogopit. Im Granit von Cáceres in Estremadura. In Augit- und Hornblendegesteinen Canadas, namentlich in Ottawa Co. und in Ontario. — 3. Auf Klüften und Drusen im Gneiss und Glimmerschiefer. St. Gotthard, Val Maggia, neben Epidot im unteren Sulzbachthal. Im Granit von Penig in Sachsen. — 4. Als charakteristisches Gangmineral auf Zinnsteingängen. Ehrenfriedersdorf, Geyer, Zinnwald, Schlaggenwald im Erzgebirge, St. Austell, Botallack, St. Agnes in Cornwall; Wheal Franco (hier in nierigen Drusen: sogen. Francolith, und Bovey Tracey in Devonshire. — 5. Eingesprengt, auf Trümmern und in kleinen Lagern geknüpft an körnige Kalke, Magnetit- und Eisenglanzlagerstätten innerhalb krystalliner Schiefer. Arendal (Moroxit) und Nissedal in Norwegen, Grängesberg und Gellivara in Schweden, Ersby im Kirchspiel Pargas in Finland, Hammond in New-York. — Aehnlich: Beryll, Quarz, Nephelin; wenn derb auch Orthoklas und Olivin.

b) Phosphorit. Hierher die kryptokrystallinen, feinfaserigen, dichten, chalcedon- und kreideartigen, sowie erdigen Varietäten; häufig schalig, krustenförmig, nierig, kuglig und knollig; ist meist verunreinigt, $CaCO_3$-haltig und zuweilen ganz chlorfrei. Der Phosphorit ist heute neben der künstlichen Thomasschlacke fast das alleinige natürliche Rohmaterial zur Beschaffung des Phosphatdüngers, daher von grosser technischer Bedeutung. (Siehe Anhang I unter Apatit und Phosphorit.) Nach ihrem Vorkommen lassen sich namentlich zweierlei Arten unterscheiden: 1. Metasomatische Lagerstätten, an Kalkstein und Dolomit der verschiedensten Formationen geknüpft, in unregelmässig gestalteten Lagern und Taschen. So von Logrosan, Truxillo und Cáceres in Estremadura, ferner die Lahnphosphorite, von Caylus auf der Südwestseite des französischen Centralplateaus u. a. Hierher auch der Sombrerit von den westindischen Inseln, ein durch auflagernde Guanomassen in Phosphorit umgewandelter Kalkstein tertiären und recenten Alters, der durch seine deutlich erhaltenen Versteinerungen noch ganz den Charakter des Korallenriffs hat. 2. Flötzartig in Form selbständiger, weit ausgedehnter Gesteinsbänke wie im östlichen Algier oder auch zu Conglomeraten cementirter Knollen und Nieren von brauner bis schwarzer Farbe und erdigem bis jaspisartigem Br.; z. Th. concretionärer Entstehung, z. Th. aber auch Quell- und marine Geröllbildungen; namentlich in der Kreide und im Tertiär. Die wichtigsten Vorkommnisse sind die sogen. Florida- und Algierphosphate, solche aus dem Sommedépartement und dem südlichen Belgien, im nördlichen Harzvorlande, ferner aus dem südlichen Russland zwischen Wolga und Dniepr etc. —

Dem zelligen, schaligen oder krustenförmigen Phosphorit kann wohl Dolomit und Galmei ähnlich werden.

Osteolith ist erdiger Phosphorit auf Klüften in Basalt und Dolerit. Ostheim in Hessen, Friedland in Böhmen. Erdige Abarten sind auch von Pilgramsreuth in Bayern und Szigeth in Ungarn bekannt. — Staffelit bildet chalcedonartige Krusten auf derben Phosphorit von Staffel und sonstigen Lahnorten; enthält $CaCO_3$, anscheinend in chemischer Bindung. Die gleiche Zus., dazu noch etwas Wasser hat Dahllit, der in dünnen Rinden auf dem Apatit von Bamle auftritt. — Eupyrchroit, bläulich- bis aschgrau, in traubigen, nierigen Formen ist ein verwitterter und durch etwas FeO verunreinigter Faserapatit. Hurdstown, New-Jersey. Hammondsville, New-York. — Pseudoapatit, kleine gelblichrothe oder gelblichweisse

XX, ist eine Pseudomorphose von Kalkphosphat nach Pyromorphit. Freiberg. — Talkapatit, ein Mg-haltiger verwitterter Apatit von Kusinsk im Ural. — Hydroapatit, wasserhaltiger Phosphorit, milchweiss und warzig, von St. Girons in den Pyrenäen.

Wo der Apatit in grösserer Menge (cfr. Anhang I unter Apatit) auftritt, wird er bergmännisch gewonnen. Verwendung als Mineraldünger.

Svabit. $FCa_5(AsO_4)_3$, also ein Arsenapatit, bei dem ein Theil F ausserdem noch durch (OH) und Cl vertreten wird. Farblos. Pajsberg und Jacobsberg.

Pyromorphit. Grün-, Braun-, Buntbleierz. $ClPb_5(PO_4)_3$.

Hexagonal, pyramidal-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}7365$ (Kokscharow). — XX aufgewachsen, säulenförmig, nicht selten bauchig und tonnenförmig gekrümmt. Von Formen sind gewöhnlich nur $(10\bar{1}0)\infty P$, $(0001)oP$ oder $(10\bar{1}0)\infty P$, $(0001)oP$ und $10\bar{1}1)P$ vorhanden; die Hemiedrie ist bis jetzt nur durch die Aetzfiguren bewiesen. Zw. nach $(20\bar{2}1)2P$ von Friedrichssegen bei Ems. — In traubigen, nierigen Aggregaten; eingesprengt, als Anflug und in dünner Kruste; in Pseudomorphosen.

Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 3½—4, G. = 6,9—7,0; wenn Ca-reich weniger, bis 6,09. Diamantartiger Fettgl., durchschein. Doppelbr. negativ. Gewöhnlich grün in mancherlei Tönen oder braun, seltener wachs- und honiggelb, orangeroth (Leadhills) und farblos (Dernbach, Horhausen). Str. weisslich.

81,65 PbO mit 75,79 Pb, 15,73 P_2O_5, 2,62 Cl. — Ein Ca- und F-Gehalt rührt von isomorph eingemischtem Apatit her; so enthält der braune nierenförmige Polysphärit von Freiberg ca. 11%, der Miesit von Mies in Böhmen ca. 7% Ca-Phosphat. Nussierit von La Nussière (Rhone-Dep.) enthält ca. 4 As_2O_5. — V. d. L. leicht schmelzend und zu einer facettirten Perle erstarrend. Mit Soda auf Kohle Bleikorn. Löslich in Salpetersäure und in Kalilauge.

Am Ausgehenden von Bleiglanzlagerstätten, daher liefern die meisten der früheren Fundorte das Mineral gegenwärtig nicht mehr. Clausthal, Johann-Georgenstadt, Freiberg, Ems, Holzappel, Dernbach, Wissen an der Sieg, Horhausen, Bernkastel, Badenweiler und Hofsgrund in Baden. Přibram, Mies, Bleistadt in Böhmen, Iglau in Mähren, Schemnitz. Poullaouen und Huelgoet in der Bretagne. Cornwall. Beresowsk, Nertschinsk. Phönixville, Pa.

Aehnliche Mineralien: Mimetesit.

Blaubleierz = Pseudomorphose von Bleiglanz nach Pyromorphit. Bernkastel, Ems, Freiberg etc.

Mimetesit. Grünbleierz z. Th. $ClPb_5(AsO_4)_3$.

Hexagonal, pyramidal-hemiedrisch. $a : c = 1 : 0{,}7276$ (Dana). — XX aufgewachsen, ganz wie Pyromorphit, häufig auch tonnenförmig

ausgebildet; an solchen von Nertschinsk wurde Hemiedrie beobachtet. — Ebenso in kleintraubigen, nierigen Formen und erdig.

$(10\bar{1}1)P$ öfters deutlich. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 3½—4, G. = 7,1—7,3. Diamantartiger Fettgl., durchscheinend. Doppelbr. positiv. Gewöhnlich honig- oder wachsgelb, doch auch weiss, grünlich, grau und farblos. Str. weisslich.

74,4 PbO mit 69,6 Pb, 23,22 As_2O_5, 2,38 Cl, zuweilen in isomorpher Mischung mit Apatit (Hedyphan von Långban, derb, grau. 10—14 CaO) und Pyromorphit (Kampylit von Cumberland, orangeroth, enthält 3—4 P_2O_5). — V. d. L. unter Entwicklung von Arsendämpfen zu Blei reducirbar. In Salpetersäure und Kalilauge löslich.

Seltener als Pyromorphit bei sonst gleichem Vorkommen, aber nur an Fundorten, wo Arsenkies als Begleiter des Bleiglanzes auftritt, Johann-Georgenstadt, Badenweiler, Přibram, mehrorts in Cornwall, Phönixville, Zacatecas.

Aehnlich: Pyromorphit. — Pleonektit von der Sjö-Grube bei Oerebro ist ein Mimetesit mit einer Spur Sb statt As.

Vanadinit (Vanadinbleierz). $ClPb_5(VO_4)_3$, auch etwas P_2O_5. XX wie Pyromorphit, mit hemiedrischer Ausbildung, sonst in derben, faserigen Aggregaten mit nieriger, traubiger Oberfläche. H. = 3, G. = 6,8—7,2. Gelb, braun, zuweilen roth. Berg Obir in Kärnten, Wanlockhead in Schottland, Beresowsk; mehrorts in Arizona, Lake-Valley-Gruben in New-Mexico. Zimapan in Mexico. Sierra de Cordoba in Argentinien.

Endlichit, isomorphe Mischung von Mimetesit und Vanadinit. Lake-Valley-Gruben in New-Mexico.

Amblygonit. $Li(AlF)PO_4$ (= $Al_2O_3, P_2O_5 . 2LiF$); ein Theil F kann durch (HO), ein Theil Li durch Na ersetzt werden. Triklin. XX sehr selten, ausgezeichnet durch wiederholte lamellare Zwillingsbildung. Gewöhnlich in Spaltungsstücken und späthig körnigen Aggregaten. # in verschiedenem Grade nach 3 schief auf einander stehenden Flächen. Br. muschlig. H. = 6, G. = 3—3,11. Glasgl., auf den Spaltflächen perlmutterartig; durchscheinend. Weiss ins Grüne und Graue. Auf Gängen in Granit mit Granat und Turmalin bei Arnsdorf und Chursdorf in der Nähe von Penig in Sachsen; ferner bei Geyer, Arendal, Montebras im Dép. de la Creuse (sogen. Montebrasit), bei Hebron (Hebronit) und Paris in Maine; Branchville, Conn. — Morinit ist wasserhaltig und scheint nur ein Verwitterungsproduct des Montebrasit zu sein.

Durangit. $Na(AlF)AsO_4$; etwas Fe und Mn für Al. Monoklin. $\beta = 115^\circ 13'$. In kleinen röthlichgelben, meist rauhen und mattflächigen XX. # prismatisch ziemlich vollk. H. = 5, G. 3,95—4,07. Glasgl. oder matt. Auf Zinnstein oder Topas führenden Klüften bei Coneto im Staate Durango, Mexico.

Wagneritgruppe.

Isomorph, monoklin. Der F-Gehalt kann durch (HO) ersetzt werden.

Wagnerit. Mg_2FPO_4. Monoklin. $\beta = 108^\circ 7'$. Kurz- oder langsäulige XX mit flächenreicher Endbegrenzung und Verticalstreifung. Br. muschlig. H. = 5—5½,

G. = 3—3,15. Fettgl., durchs. bis durchschein. Wein- und honiggelb, weiss. Werfen in Salzburg. — Kjerulfin aus den Apatitgruben der Gegend von Krageroe, gewöhnlich derb, fettglänzend und gelblich, ist theilweise in Apatit umgewandelter Wagnerit. — Kryphiolith ist anscheinend ein Ca-haltiger Wagnerit.

Triplit (Eisenpecherz). (FeMn)FPO_4. Wahrscheinlich isomorph mit Wagnerit; nur derb in grobkörnigen Aggregaten, deren Individuen nach 2 zu einander senkrechten Richtungen spaltbar sind. Br. flachmuschlig bis eben. H. = 4—5½, G. = 3,5—3,8. Fettgl., kantendurchschein. Kastanienbraun bis schwarz. Str. gelblichgrau. Limoges, Schlaggenwald, Peilau in Schlesien. Sierra de Cordoba in Argentinien. — Der nelkenbraune Zwieselit, derb und fettglänzend, von Zwiesel bei Bodenmais ist wahrscheinlich nur ein Fe-reicher Triplit. — Sarkopsid, fleischroth oder bläulich, von Michelsdorf in Schlesien, scheint nur ein verwitterter und verunreinigter Triplit zu sein. — Talktriplit in gelblichrothen Körnern von Horrsjöberg enthält viel Ca und Mg.

Triploidit ist ein Triplit, in dem F durch (OH) ersetzt ist. XX prismatisch, selten; gewöhnlich in faserigen Aggregaten. H. = 4½—5, G. = 3,697. Glasgl. bis fettiger Diamantgl., durchschein. bis durchs. Gelblich- bis röthlichbraun, topasgelb. Branchville, Conn. — Sarkinit (Polyarsenit) ist das entsprechende Arseniat. Roth. Harstig-Grube bei Pajsberg, Sjö-Grube bei Oerebro.

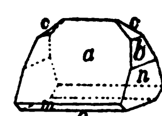
Herderit, $CaBeFPO_4$; F kann ganz oder theilweise durch (OH) ersetzt werden. Rhombisch, stets in XX, die nach der Brachyaxe gestreckt sind. (110)∞P 116° 21′, dazu viele Brachydomen. Br. kleinmuschlig, spröd. H. = 5, G. = 3. Glasgl. Farblos oder schwach gelblich. Stoneham, Auburn und Hebron in Maine; sehr selten bei Ehrenfriedersdorf. — Spodiosit, in aschgrauen rhombischen XX scheint die rhombische Modification der Herderitsubstanz zu sein. Kran-Grube in Wermland.

3. Abtheilung. Wasserhaltige Phosphate und Arseniate.

a) Phosphate der Alkalien.

Struvit. $(NH_4)MgPO_4 . 6H_2O$. Rhombisch, ausgezeichnet hemimorph. Nur in eingewachsenen XX. Am oberen Ende: a = (101)P$\bar{\infty}$, c = (011)P$\breve{\infty}$, b = (041)4P$\breve{\infty}$, n = (010)∞P$\breve{\infty}$, unten: m = (10$\bar{3}$)⅓P$\bar{\infty}$, o = (00$\bar{1}$)oP. ⌗ (001)oP vollk., (010)∞P$\breve{\infty}$ deutlich. H. = 1½—2, G. = 1,66—1,75. Durchschein. bis undurchs. Glasgl. Gewöhnlich gelb oder hellbraun, selten farblos. In Moorerde (Düngergruben) von Hamburg und Braunschweig, ferner im Guano (daher auch Guanit genannt) der Skiptonhöhlen bei Ballarat und der Saldanha Bay in Afrika. — In den Skiptonhöhlen findet sich auch Hannayit $(NH_4)_2Mg_3P_4O_{14} . 10H_2O$ in triklinen prismatischen XX.

Fig. 450.



b) Phosphate und Arseniate der zweiwerthigen Elemente Ca, Mg, Zn, Mn, Fe, Co, Ni.

Kalk- resp. Magnesiaphosphate sind: Monetit. $Ca_2P_2O_7 . H_2O$. Unregelmässige Aggregate kleiner trikliner XX. Gelblichweiss. Westindische Guanoinseln Moneta und Mona, Sombrero. — Monit, ebendaher; erdig, schneeweiss, vielleicht $Ca_3P_2O_8 . H_2O$. — Kollophan von Sombrero hat die Zus. des Monit, ist aber amorph und dicht. — Pyroklasit von Monk's Insel soll angeblich ein dichtes Gemenge

von Monetit und Monit sein. — Brushit. $Ca_2P_2O_7.4H_2O$. Monoklin, isomorph mit Pharmakolith. Gelblichweiss. Insel Sombrero. — Metabrushit, soll $1 H_2O$ weniger enthalten als Brushit. Sombrero. — Churchit aus Cornwall hat ungefähr die Zusammensetzung $R_3P_2O_8.5H_2O$, wo R = Ce(Di), Ca. — Isoklas. $Ca_4P_2O_9.5H_2O$. Monokline, schneeweisse Prismen. Joachimsthal. — Newberyit. $Mg_2P_2O_7.7H_2O$. Rhombisch. Ziemlich grosse tafelige XX. Guanohöhlen von Ballarat.

Kalkarseniat sind: Haidingerit. $Ca_2As_2O_7.3H_2O$. Kleine farblose bis weisse kurzsäulige rhombische XX von Joachimsthal, Wittichen und Grube Wolfgang bei Alpirsbach. — Pharmakolith. $Ca_2As_2O_7.5H_2O$. Monoklin. $\beta = 96^0 47'$. Sehr feine, haar- und nadelförmige, in der Richtung der Klinoaxe gestreckte XX, die zu kleinen lockeren Kugeln und seidenglänzenden Büscheln verbunden sind. Weiss, zuweilen röthlich und grünlich (durch Co resp. Ni) gefärbt. Als Ausblühung und Beschlag auf As-Erzen. Andreasberg, Riechelsdorf, Wittichen, Markirch, Joachimsthal. — Pikropharmakolith, dem vorigen ähnlich, enthält etwas Mg und etwas weniger As, dagegen mehr H_2O. Riechelsdorf, Freiberg. — Wapplerit. $(CaMg)_2As_2O_7.8H_2O$. Triklin mit monoklinem Habitus; bildet kleine, reihenförmig gruppirte XX und hyalitähnliche traubige Aggregate und Krusten. H. = 2—2½, G. = 2,48; mild. Glasgl.; weiss, auch wasserhell. Joachimsthal, Schneeberg, Wittichen, Riechelsdorf, Bieber. — Rösslerit, $Mg_2As_2O_7.2H_2O$. In dünnen, weissen oder farblosen Blättchen. Bieber.

Hopeit. $Zn_3P_2O_8.4H_2O$. Rhombisch. $(120)\infty P\breve{2}$ $82^0 20'$, $(101)P\bar{\infty}$ 101^0, ferner $(100)\infty P\bar{\infty}$, $(010)\infty P\breve{\infty}$, (001)oP, (111)P. # $(100)\infty P\bar{\infty}$ vollk. H. = 2½—3, G. = 2,7—2,8. Auf $(100)\infty P\bar{\infty}$ Perlmgl., sonst Glasgl. Graulichweiss. Sehr selten mit Kieselzink am Altenberg bei Aachen.

Wesentlich Phosphate und Arseniate von Ca und Mn bezw. von Fe sind: Brandtit, $2CaO, MnO, As_2O_5.2H_2O$. Harstig-Grube. — Messelit, $3(CaFe)O, P_2O_5 .2\frac{1}{2}H_2O$. Triklin. Sternförmig gruppirte bräunliche bis farblose Täfelchen auf bituminösem Schieferthon in Braunkohle von Messel in Hessen. — Tamanit (Anapaït). $3(CaFe)O, P_2O_5.4H_2O$. Triklin, bildet Krusten von grünen oder gelbgrünen XX in Höhlungen an der Grenze einer Eisenspathschicht mit Brauneisen. H. = 3½, G. = 2,812. Halbinsel Taman, Prov. Kuban in Russland. — Roselith, $3(CaCoMg)O, As_2O_5.2H_2O$. Triklin mit Winkeln von nahe 90^0. XX klein, nach verschiedenen Zwillingsgesetzen zusammengesetzt und oft zu Kugeln aggregirt. H. = 3½, G. = 3,46. Rosenroth. Auf den Gruben Daniel und Rappold zu Schneeberg. — Reddingit, $3MnO, P_2O_5.3H_2O$. Rhombisch, XX klein, der Form nach isomorph mit Skorodit, aufgewachsen in Höhlungen derber Aggregate. H. = 3—3½, G. = 3,102. Glasgl., blassrosenroth bis farblos. Mit anderen Mn-Phosphaten im Pegmatit von Branchville, Conn. — Fillowit, $3(MnFeNa_2Ca)O, P_2O_5.\frac{1}{3}H_2O$. Monoklin. $\beta = 90^0 9'$. XX selten, mit rhomboedrischem Habitus; gewöhnlich in körnigen Aggregaten. H. = 4½, G. = 3,43. Durchs. bis durchschein. Pech- bis Fettgl. Wachsgelb bis rothbraun. Branchville, Conn. — Dickinsonit, mit gleicher Zusammensetzung wie Fillowit, aber dimorph. Monoklin. $\beta = 118^0 30'$. XX mit rhomboedrischem Habitus, gewöhnlich in blätterigen, glimmerartigen Aggregaten. # (001)oP vollk. Durchs. Glasgl., auf (001)oP Perlmuttergl. Grün in verschiedenen Tönen. Branchville, Conn. — Fairfieldit. $3(CaMnFe)O, P_2O_5.2H_2O$. Triklin. Blätterig, in radialstrahligen und faserigen Partien. # $(010)\infty P\breve{\infty}$ vollk. Perlmgl. bis Diamantgl., durchs. Weiss bis blass strohgelb. Branchville, Conn.

Vivianitgruppe.

Isomorph, monoklin. Neutrale Orthophosphate und Arseniate von Mg, Fe, Co, Ni und Zn mit $8H_2O$.

Bobierit. $Mg_3P_2O_8.8H_2O$. Monoklin. Bildet ein lockeres Aggregat weisser Kryställchen im Innern derber, nierenförmiger Massen von Mejillones in Chile.

Hörnesit. $Mg_3As_2O_8.8H_2O$. Monoklin. Grössere, sternförmig gruppirte XX. # (010)∞P∞ vollk. H. = ½—1, G. = 2,474. Mild, in dünnen Blättchen biegsam; Talk oder Gyps ähnlich. Perlmgl. Weiss bis lichtrosenroth. Banat.

Vivianit. Blaueisenerz. $Fe_3P_2O_8.8H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,7498* : *1* : *0,7017*. β = 104° 26′ (vom Rath). — XX (Bodenmais, Cornwall) langsäulig, aufgewachsen. *m* = (*110*)∞*P* mit 108° 2′, *y* = (*310*)∞*P*3, *a* = (*100*)∞*P*∞, *b* = (*010*)∞*P*∞, *v* = ($\bar{1}$*11*)*P*, *w* = ($\bar{1}$*01*)*P*∞, *c* = (*001*)*oP*. Gewöhnlich in strahligen, faserigen Aggregaten, in Rosetten, Kugeln und Nieren, häufig auch erdig (Blaueisenerde).

(*010*)∞*P*∞ gypsähnlich vollk. Br. nicht wahrnehmbar; mild. dünne Blättchen biegsam. H. = 2, G. = 2,6—2,7. Durchschein., auf (*010*)∞*P*∞ Perlmgl., z. Th. etwas metallisch, sonst Glasgl. In ganz frischem Zustand weiss oder farblos, färbt sich an der Luft sofort blau unter Höheroxydirung des Eisens. Str. farblos, bläulichweiss, bald ins Indigblaue übergehend; das trockene Pulver oft leberbraun. Sehr starke Doppelbrechung, dichroitisch.

43,03 FeO, 28,29 P_2O_5, 28,68 H_2O; an der Luft bildet sich basisches Fe_2O_3-Phosphat. — Schmilzt leicht, färbt die Flamme blaugrün und wird magnetisch. In Salzsäure löslich.

Schöne XX auf Klüften des Thonschiefers von St. Agnes in Cornwall; auf Höhlungen im Schwefelkies bei Tavistock in Devonshire; auf Kohlenbrandschlacken von Commentry, La Bouiche und Crausac in Frankreich, im Magnetkies führenden Gneiss von Bodenmais und Amberg. In strahligen Aggregaten (sogen. Anglarit) bei Anglar in Frankreich; als Ausfüllung von Muscheln bei Kertsch in der Krimm (strahlig mit freien Krystallenden) und an den Mullica Hills in New-Jersey (strahlig, sogen. Mullicit). Ferner in den Poren fossiler Knochen, im Sande bei Middletown in Delaware (hier in ganz farblosen XX) und als Blaueisenerde, Nester im Torf bildend an verschiedenen Punkten Norddeutschlands und anderswo.

Aehnliche Mineralien: Kupferlasur, Linarit, Hauyn, Lasurstein.

Symplesit. $Fe_3As_2O_8.8H_2O$. Monoklin. β = 107° 17′. In sehr winzigen, nadeligen, oft büschelig gruppirten XX. # (010)∞P∞ sehr vollk.; mild. H. = 2½, G. = 2,957. Blassblau und grünlich. Lobenstein, Lölling, Felsöbánya.

Kobaltblüthe. Erythrin. $Co_3As_2O_8.8H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 0,75:1:0,70$. $\beta = 105^\circ\ 9'$ (Brezina). — XX gewöhnlich klein und nadelförmig, büschelig und sternförmig gruppirt. *(010)∞P∞̀*, *(100)∞P∞̄*, *(1̄01)P∞̄*. Strahlig-blätterige Aggregate, in kugligen, nierigen Formen mit rauher Oberfläche; auch erdig und als Anflug und Beschlag; in Pseudomorphosen nach Speiskobalt.

(010)∞P∞̀ sehr vollk., mild, in dünnen Blättchen etwas biegsam. H. = 2½, G. = 2,948. Auf *(010)∞P∞̀* Perlmgl., sonst diamantartiger Glasgl.; durchschein. Pfirsichblüthroth, durch Zersetzung perl- bis grünlichgrau. Str. etwas lichter röthlich; das getrocknete Pulver tief lavendelblau.

37,47 CoO, 38,46 As_2O_5, 24,07 H_2O. — Wird beim Erhitzen unter Abgabe von H_2O und As_2O_3 blau, mit Säuren rothe Lösung.

Geht aus der Zersetzung von Speiskobalt und Kobaltglanz hervor. Schneeberg, Riechelsdorf, Bieber, Saalfeld, Wolfach, Wittichen. Modum. Allemont. Cornwall.

Köttigit, ein vorwiegend Zn- und auch etwas Ni-haltiger Erythrin. Schneeberg.

Nickelblüthe. Annabergit. $Ni_3As_2O_8.8H_2O$.

Monoklin, keine deutlichen XX, nur erdig, flockig. H. = 2—2½, G. = 3—3,1. Mild; apfelgrün. Als Beschlag und Ueberzug auf Nickelerzen (Chloanthit und Rothnickelkies). Annaberg, Riechelsdorf, Allemont etc.

Cabrerit, ein Annabergit mit Mg und Co. Sierra Cabrera in Spanien. Laurium. — Dudgeonit, ein Ca-haltiger Annabergit. Pibble mine in Schottland.

Ludlamit. $7FeO,2P_2O_5.9H_2O$. Monoklin. $\beta = 100^\circ\ 33'$. XX ziemlich gross, an den Enden 3flächig begrenzt durch (001)oP und (1̄11)P, welche auch ihren Combinationskanten parallel gestreift sind. Sonst noch häufig (100)∞P∞̄, (110)∞P, (101)∞̄P. # (001)oP sehr vollk., (100)∞P∞̄ deutlich. H. = 3—4, G. = 3,12. Stark glänzend, durchs. Hellgrün, selten dunkelgrün. Truro in Cornwall.

Hureaulit. $5(MnFe)O,2P_2O_5.5H_2O$. Monoklin. $\beta = 90^\circ\ 33'$. XX klein, vertical gestreift, gewöhnlich etwas tafelig durch das Vorherrschen der Querfläche. Aggregate knollig und kuglig mit stengliger und körniger Structur. Br. muschlig bis uneben. H. = 3½, G. = 3,18—3,2. Fettgl., durchschein. Röthlich gelb, röthlich braun; auch violett. Auf Höhlungen im Triphylin von Huréault bei Limoges; Branchville, Conn.

Chondroarsenit. $6MnO,As_2O_5.3H_2O$. Gelbe harzglänzende Körner im Schwerspath. H. = 3. Pajsberg. — Hämafibrit in rhombischen radialstrahligen Aggregaten, braunroth, von der Moss-Grube in Wermland und der derbe schwefelgelbe Xanthoarsenit von der Sjö-Grube in Oerebro sind nur durch einen grösseren Wassergehalt von Chondroarsenit unterschieden.

Allaktit. $7MnO,As_2O_5.4H_2O$. Monoklin. $\beta = 95^\circ\ 44'$. Formentwicklung an Vivianit erinnernd; durchs., braunroth. Moss-Grube.

Synadelphit. $(MnAl)_2O_3.5MnO,As_2O_5.5H_2O$. Rhombisch, in schwarzbraunen bis schwarzen XX. Moss-Grube. Aehnlich zusammengesetzt der rhombische Flinkit von der Harstig-Grube.

Hämatolith (Diadelphit). $(AlMn)_2O_3,8MnO,As_2O_5.8H_2O$. Rhomboedrische, leicht nach der Basis spaltbare Kryställchen. Braun- bis granatroth. Moss-Grube. Aehnlich zusammengesetzt Arseniopleit von der Sjö-Grube.

Erdkobalt z. Th., brauner und gelber. Wasserhaltige Arseniate von Fe, Co, Ca ohne bestimmte Formel. Derb, als erdiges Verwitterungsproduct von Kobalterzen. Kamsdorf, Riechelsdorf. Allemont.

c) Phosphate und Arseniate der Thonerde.

Variscit (Callait). $Al_2O_3,P_2O_5.4H_2O$. Wahrscheinlich rhombisch, da die chem. Zus. dem Skorodit und Strengit entspricht. In nierigen, krustigen Ueberzügen von faseriger, meist scheinbar amorpher Structur. Br. muschlig, etwas spröd. Fühlt sich fettig an. H. = 4—5. Durchschein., schwacher Wachsgl. Apfelgrün in verschiedenen Tönen bis farblos. Messbach bei Plauen im Kieselschiefer. Montgomery Co, Ark.

Zepharovichit. $Al_2O_3,P_2O_5.6H_2O$. Dicht, mit muschligem Br. H. = 5½. Durchscheinend. Grünlich-, gelblich- oder graulichweiss. Trzenic in Böhmen auf Sandstein.

Wavellit. Lasionit. $3Al_2O_3, 2P_2O_5.12H_2O$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}50489 : 1 : 0{,}37514$ (Senff). — XX klein, nadelig und zu radialstrahligen sternförmigen Büscheln und Kugeln vereinigt. *(110)∞P*, *(101)P$\bar{\infty}$*, *(010)∞P$\breve{\infty}$*. Halbkuglige oder nierige Aggregate mit radialfaseriger Structur.

(110)∞P und *(101)P$\bar{\infty}$* ziemlich vollk. H. = 3½—4, G. = 2,3 bis 2,4. Glasgl., durchschein. Farblos, gewöhnlich grau, gelblich, grünlich, zuweilen braun und blau. Str. weiss.

$35{,}22\ P_2O_5$. — V. d. L. unschmelzbar; löslich in Salzsäure.

Auf Klüften und Schichtenfugen. Auf Kieselschiefer bei Langenstriegis (Striegisan), Diensberg bei Giessen, Waldgirmes; auf Grauwacke zu Czerhovic bei Beraun; auf Thonschiefer bei Barnstaple in Devon (Devonit); auf zersetztem Granit zu St. Austle in Cornwall; auf Brauneisen bei Amberg (Lasionit); auf Rotheisen bei Oberscheld in der Nähe von Dillenburg, mit Manganerzen bei Weilburg, auf Phosphorit bei Staffel, als Bindemittel einer Breccie in schönen radialstrahligen Kugeln von lichtbläulichgrüner Farbe in Montgomery Co., Arkansas und anderswo.

Aehnlich: Natrolith. Hydrargillit; wenn grün Kraurit.

Kapnicit, auf Fahlerz und Blende von Kapnik, zu gelblich- und grünlichweissen Kugeln und Büscheln gruppirt, ist wahrscheinlich nur Wavellit.

Augelith $2Al_2O_3,P_2O_5.3H_2O$, Berlinit $Al_2O_3,P_2O_5.{}^1/_2H_2O$ und Trolleit $4Al_2O_3,3P_2O_5.3H_2O$ kommen als derbe Mineralien gemeinsam bei Westanå in Schonen vor.

Wardit. $2Al_2O_3,P_2O_5.4H_2O$. Blass- oder bläulichgrüne Krusten auf Höhlungen von Variscit-Knollen. H. = 5, G. = 2,77. Utah.

Kalait. Türkis. $2Al_2O_3, P_2O_5.5H_2O$.

Scheinbar amorph. Nierig, traubig; auf Trümmern derb und eingesprengt; als Ueberzug und in Geröllen.

Br. muschlig, ziemlich spröde. H. = 6, G. = 2,6—2,8. Gewöhnlich undurchs. Schwacher Wachsgl. Himmelblau, span- und apfelgrün; die Färbung rührt von Cu her. Str. weiss.

46,83 Al_2O_3, 32,55 P_2O_5, 20,62 H_2O. — In Säuren löslich.

Auf Klüften, zumeist im Kieselschiefer. Jordansmühl in Schlesien, Oelsnitz und Reichenbach in Sachsen. Besonders schön (orientalischer Türkis) zu Nischapur, westlich von Mesched in Persien, wo der Türkis höchstens 6 mm mächtige Trümmer in einer aus Trachytfragmenten gebildeten Breccie ausfüllt; ferner in den Karatube-Bergen in Turkestan und in der Kirgisensteppe. Turquois-Mountain in Arizona. Santa Fé in New-Mexico.

Ein Theil des in den Handel kommenden Türkis ist blau gefärbtes fossiles Elfenbein (sogen. occidentalischer oder Zahn-Türkis).

Peganit. $2Al_2O_3, P_2O_5.6H_2O$. Rhombisch. XX klein, aufgewachsen und zu Krusten verbunden. (110)∞P, (001)oP, (010)∞P$\breve{\infty}$. H. = 3—4, G. = 2,4. Grün, ins Grünlichgraue, weiss. Fettiger Glasgl. Auf Kieselschiefer bei Langenstriegis in Sachsen.

Fischerit. $2Al_2O_3, P_2O_5.8H_2O$. Rhombisch. XX klein, undeutlich, mit hexagonalem Habitus. (110)∞P, (010)∞P$\breve{\infty}$, (001)oP. H. = 15, G. = 2,46. Glasgl., durchs. Grasgrün, ins Span- und Olivengrüne. Auf Sandstein von Nischne Tagilsk.

Evansit. $3Al_2O_3, P_2O_5.18H_2O$. Anscheinend amorph; in kleinen Kugeln und Nieren auf Höhlungen in Brauneisen. H. = 3½—4. Glasgl. bis Fettgl. Farblos, bläulichweiss, auch gelblich. Am Berge Zeleznik bei Szirk im Gömörer Comitat in Ungarn. — Planerit von Gumeschewsk und Coeruleolaktit, Trümmer in Brauneisen von Rindsberg bei Katzenellenbogen bildend, sind durch etwas weniger Wasser und durch einen geringen Cu-Gehalt (vielleicht nur als Einmengung) unterschieden. — Henwoodit von der West-Phönix-Mine in Cornwall in licht- bis grünlichblauen kugligen Partien ist ein Cu-haltiges Thonerdephosphat.

Liskeardit. $2Al_2O_3, As_2O_5.8H_2O$, etwas Fe-haltig. Grünlich- bis bläulichweisse Krusten. Liskeard und Chyandour bei Penzance in Cornwall.

Rhabdophan. $(LaDiYEr)_2O_3, P_2O_5.H_2O$. Optisch einaxig. In nierigen, wachsglänzenden, bernsteinbraunen Partien. Cornwall. — Nur durch höheren Gehalt an Y und Er unterschieden ist der in dünner, faseriger Schicht auftretende Scovillit von Scoville, Conn. —

An vorstehende Thonerdephosphate schliessen sich solche Phosphate an, die neben der Thonerde noch zweiwerthige Radikale Mg, Ca, Fe, Mn enthalten:

Lazulith (Blauspath). $Al_2O_3, (MgFe)O, P_2O_5.H_2O$. Monoklin. β = 91° 58′. Gut ausgebildete XX, wie die von Georgia, sind sehr selten. ($\bar{1}$11)P, (111)—P, (001)oP, (101)—P$\bar{\infty}$, ($\bar{1}$01)P$\bar{\infty}$, (010)∞P$\bar{\infty}$. Habitus pyramidal, tafelig oder domatisch. Zw. (100)∞P$\bar{\infty}$, seltener (223)—⅔P. Derb. Br. uneben, splittrig, spröd. H. = 5—6, G. = 3—3,12. Glasgl., kantendurchschein. Himmelblau, dunkler oder heller, bis bläulichweiss. Str. farblos. Rädelgraben bei Werfen in Salzburg, Fressnitzgraben bei Krieglach und Fischbacher Alp in Steiermark; Zermatt in Wallis. Horrsjöberg

in Wermland. In den Quarziten und Itakolumiten von Crowder's Mt. in Nord-Carolina, Graves Mt. in Georgia und Tijuco in Minas Geraës, Brasilien.

Childrenit. $Al_2O_3, 2(FeMn)O, P_2O_5.4H_2O$. Rhombisch. ✕✕ einzeln aufgewachsen oder zu Krusten verbunden mit tafeligem oder doppelsechsseitigem Habitus. # (100)∞P$\bar{\infty}$ unvollk. Br. uneben. H. = 4½, G. = 3,18—3,24. Fettartiger Glasgl., durchschein. Gelblichweiss bis blass gelblichbraun, auch bräunlichschwarz. Tavistock in Devon, St. Austle in Cornwall. Im derben Apatit zu Hebron, Maine.

Eosphorit. isomorph mit Childrenit, chemisch nur durch vorherrschenden Mn-Gehalt unterschieden. Prismatische rhombische ✕✕ und derb. # (100)∞P$\bar{\infty}$ vollk. H. = 5, G. = 3,11—3,145. Fettiger Glasgl., durchs. bis durchschein. Blassroth bis farblos, auch grünlich, pleochroitisch. Pegmatitgang von Branchville, Conn.

Goyazit. $Al_2O_3, 3CaO, P_2O_5.9H_2O$. Optisch einaxig, in 1½ mm grossen, gelblich weissen Körnern; durchs. bis durchschein. H. = 5, G. = 3,26. Begleiter der Diamanten in der Provinz Goyaz, Brasilien.

Tavistockit. $Al_2O_3, 3CaO, P_2O_5.3H_2O$. Sternförmig gruppirte, weisse Fasern von Tavistock, Devonshire.

Cirrolith. $2Al_2O_3, 6CaO, 3P_2O_5.3H_2O$. Derb, dicht. Hellgelb. Westanå in Schonen. Von hierher auch der derbe, lachsfarbige Attakolith, ein Al-Ca-Phosphat, für das seiner Vermengungen wegen eine Formel sich nicht aufstellen lässt.

Bleigummi umfasst an PbO (10—78,22 %) mehr oder minder reiche Thonerdephosphate. Amorph, die Verbindung $2Al_2O_3, PbO, P_2O_5.9H_2O$ (Hitchcockit) soll Aggregate hexagonaler ✕✕ bilden. Traubig, nierenförmig; schalig zusammengesetzt. Br. muschlig. H. = 4—4½, G. = 4—5, schwankend. Fettgl., durchschein. Gelblichweiss, grünlich, gelblich ins Rothbraune. Huelgoet. Cumberland. Mine La Motte, Mo. Canton-Grube, Ga.

d) Phosphate und Arseniate des Eisenoxyds.

Skorodit. $Fe_2O_3, As_2O_5.4H_2O$. Rhombisch, isomorph mit Strengit. ✕✕ gewöhnlich klein mit pyramidalem oder kurzsäuligem Habitus, einzeln oder in Drusen, (111)P mit 114° 40′ und 102° 52′ an den Polk. (120)∞P$\check{2}$ 59° 56′, (010)∞P$\check{\infty}$, (100)∞P$\bar{\infty}$, (001)oP. In traubigen, nierenförmigen Aggregaten von stengliger oder faseriger Structur; erdig und als Ueberzug. (100)∞P$\bar{\infty}$ deutlich und (120)∞P$\check{2}$ unvollk. Br. muschlig bis splittrig. Wenig spröd. H. = 3½—4, G. = 3,1—3,2. Glasgl., auf dem Br. fettiger Gl., durchschein. Lauchgrün ins Schwarz- und Blaugrüne; seltener blau, roth und braun. Str. grünlichweiss. Gewöhnlich auf Höhlungen in Brauneisen. Am Graul bei Schwarzenberg in Sachsen; Johann-Georgenstadt; Schneeberg; Dernbach bei Montabaur; Lölling; Cornwall; Beresowsk; Nertschinsk. Antonio Pereira in Brasilien.

Strengit. $Fe_2O_3, P_2O_5.4H_2O$. Rhombisch, isomorph mit Skorodit. Meist in kugligen radialfaserigen Aggregaten. H. = 3—4, G. = 2,87. Glasgl. Roth in verschiedenen Tönen, zuweilen fast farblos. Grube Eleonore bei Giessen; Grube Rothläufchen bei Waldgirmes. — Barrandit von Beraun, mit Wavellit auf silurischem Sandstein aufsitzend, ist ein Al_2O_3-haltiger Strengit.

Würfelerz (Pharmakosiderit). $4Fe_2O_3, 3As_2O_5.15H_2O$. Regulär, tetraedr.-hemiedrisch. ✕✕ klein, aufgewachsen. (100)∞O∞ allein oder in Combination mit (111)O und (110)∞O. Die Flächen sind oft gekrümmt. Derb, körnig. # (100)∞O∞ unvollk. Br. muschlig. H. = 2½, G. = 2,9—3. Diamantartiger Glasgl., auf dem Br. fettartig. Lauchgrün, ins Rothbraune und Gelbe. Str. lichtgrün ins Gelbe, pyroelektrisch. Gewöhnlich auf Brauneisen. Am Graul bei Schwarzenberg, Lobenstein, Langeborn im Spessart, Horhausen. Cornwall, Cumberland. Victoria in Australien.

Phosphosiderit. $Fe_2O_3, P_2O_5 . 3^1/_2 H_2O$. Rhombisch; pfirsichblüthfarbene Kryställchen in Höhlungen des Pecheisensteins der Kaltenborn-Grube bei Eiserfeld.

Koninckit. $Fe_2O_3, P_2O_5 . 6H_2O$. Kleine gelbe faserige Kügelchen. Richelle bei Visé in Belgien.

Eleonorit. $3Fe_2O_3, 2P_2O_5 . 8H_2O$. Monoklin. $\beta = 131^0\ 37'$. XX klein, meist tafelig nach (100)∞P$\bar{\infty}$, zu radialblätterigen Krusten gruppirt. # (100)∞P$\bar{\infty}$. H. = 3—4. Glasgl. Braunroth mit gelbem Str. Grube Eleonore bei Giessen und Rothläufchen bei Waldgirmes.

Beraunit. $5Fe_2O_3, 3P_2O_5 . 12H_2O$. In nadeligen und blätterigen, sternartig angeordneten Aggregaten. H. = 2, G. = 2,87—2,98. Perlmgl. bis Glasgl. Hyacinthroth bis röthlichbraun. Mit Kakoxen zu St. Benigna bei Beraun, Scheibenberg in Sachsen. Es ist sehr wahrscheinlich, dass Beraunit mit dem Eleonorit ident ist. — Aehnlich sind auch die wahrscheinlich nicht homogenen Picit von der Grube Eleonore bei Giessen und Rothläufchen bei Waldgirmes und Richellit von Richelle bei Visé zusammengesetzt.

Kraurit (Dufrenit. Grüneisenerz). $2Fe_2O_3, P_2O_5 . 3H_2O$. Rhombisch. Die seltenen und kleinen XX sind scheinbar würfelförmig mit gerundeten Flächen. Zumeist in radialfaserigen, kugligen und nierigen Aggregaten (daher Grüner Glaskopf). Sehr spröd. H. = $3^1/_2$—4, G. = 3,3—3,5. Schwacher Fettgl., lauch- bis schwärzlichgrün, seltener gelblichgrün. Str. gelblichgrün. Auf Brauneisen im Siegenschen, Hirschberg und Hauptmannsgrün im Vogtland. Limoges.

Kakoxen. $2Fe_2O_3, P_2O_5 . 12H_2O$. Zarte, feinnadelige, radial zu Kugeln und Nieren angeordnete Aggregate; als Ueberzug. Weich. G. = 2,3—2,4. Seidengl. Gelb bis bräunlich. Auf Klüften von thonigem Sphärosiderit auf Grube Hrbek bei St. Benigna in Böhmen; auf Grauwacke bei Mauth in Böhmen; auf Brauneisen zu Amberg in Bayern. — Eisensinter, weisser, vom Tiefen Fürstenstollen bei Freiberg ist das entsprechende Arseniat.

Delvauxit. $2Fe_2O_3, P_2O_5 . 20H_2O$. Derb, nierenförmig. Br. muschlig. H. = $2^1/_2$, G. = 1,18. Undurchs. Kastanienbraun. Str. gelb. Berneau bei Visé in Belgien. Leoben.

Hier schliesst sich an:

Calcoferrit, ein Eisenkalkphosphat. Blätterige Aggregate von nieriger Form. Gelb. Battenberg.

Arseniosiderit. $4Fe_2O_3, 6CaO, 3As_2O_5 . 9H_2O$. Optisch einaxig. Feinfaserige, kuglige Aggregate. H. = 1—2, G. = 3,8—3,9. Seidengl. Bräunlichgelb, an der Luft dunkler werdend. Romanèche bei Mâcon. Schneeberg. Wittichen und Bulach im Schwarzwald.

Chalkosiderit, ein Cu-haltiges Eisenthonerdephosphat in triklinen, grünen XX aufsitzend auf Andrewsit, ebenfalls ein Cu-haltiges Eisenphosphat, in radialstrahligen dunkelgrünen Kugeln. West-Phönix-Mine, Cornwall.

e) Phosphate, Arseniate und Vanadate des Kupfers, des Zinks und Bleis.

Libethenit-Olivenitgruppe.

Isomorph, rhombisch.

Libethenit. $4CuO, P_2O_5 . H_2O$ (66,5 CuO). Rhombisch, holoedrisch. Kleine, gut ausgebildete, oktaedrisch erscheinende XX, einzeln oder in Drusen aufgewachsen. (110)∞P 92° 20′, (011)P$\breve{\infty}$ 109° 52′. Aggregate nierig, kuglig. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 4, G. = 3,6—3,8. Durchschein. Fettgl. Lauch-, oliven- und

schwärzlichgrün; oberflächlich oft schwarz, seltener dunkelblau angelaufen. Str. olivengrün. In zerfressenem Quarz im Glimmerschiefer von Libethen. Nischne Tagilsk. Ullersreuth im Vogtland. Cornwall. Bolivien, Chile. — Pseudolibethenit von Libethen und Ehl bei Linz am Rhein enthält zum Unterschied $2H_2O$.

Olivenit (Olivenerz). $4CuO, As_2O_5.H_2O$ (56,15 CuO). Rhombisch. ⨯⨯ prismatisch und nadelig, einzeln oder in Drusen aufgewachsen. (110)∞P 92° 30′. (100)∞P$\bar{\infty}$, (011)P$\breve{\infty}$ 110° 50′. Aggregate traubig, nierig mit faseriger oder erdiger Structur. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 3, G. = 4,2—4,6. Halbdurchs. bis durchschein. Auf den Flächen Glasgl., auf dem Br. Fettgl.; die faserigen Aggregate Seidengl. ⨯⨯ schwärzlichgrün, sonst lauch- bis olivengrün, und wenn faserig, auch braun, gelb oder grau. Str. olivengrün bis braun. Cornwall und Tavistock in Devon, Alston in Cumberland. Zinnwald. Nischne Tagilsk; spärlich zu Libethen.

Adamin. $4ZnO, As_2O_5.H_2O$. Rhombisch. ⨯⨯ sehr klein. (110)∞P, (101)P$\bar{\infty}$, 010)∞P$\breve{\infty}$. Aggregate kleinkörnig. # (101)P$\bar{\infty}$ vollk. H. = $3^1/_2$, G. = 4,33—4,35. Durchs., Glasgl. Gelb, zuweilen violett. Chañarcillo, Cap Garonne bei Hyères (hier auch rosenroth durch CoO und grün durch CuO). Laurion.

Descloizit. $4(PbZn)O, V_2O_3.H_2O$. Rhombisch. ⨯⨯ klein, aufgewachsen mit drusiger oder warziger Oberfläche. H. = $3^1/_2$, G. = 5,9—6,2. Kirsch- bis braunroth, auch braun und schwarz. Str. hellbraun. Sierra de Cordoba, Argentinien. — Eusynchit (S. 438) von Freiburg in Baden und Araeoxen von Dahn bei Nieder-Schlettenbach sind wahrscheinlich nichts anderes als Descloizit, bei dem ein Theil V_2O_5 durch As_2O_5 ersetzt ist. — Cuprodescloizit (Tritochlorit, Ramirit), ein Theil Zn wird durch Cu ersetzt; bräunlichschwarze Krusten von San Luis Potosi in Mexico. — Zum Cuprodescloizit gehören anscheinend auch das erdige Vanadinkupferbleierz (Chileit) aus der Mina Grande in Chile und der zeisig- bis olivengrüne Psittacinit von Montana.

Volborthit z. Th. (Kalkvolborthit). $4(CuCa)O, V_2O_5.H_2O$. Anscheinend hexagonale Täfelchen der Combination (0001)oP, (10$\bar{1}$1)P; zu kugligen und schuppigen Aggregaten verbunden; gewöhnlich nur als Anflug. Olivengrün bis gelb. Friedrichroda. — Davon verschieden durch weit höheren Wassergehalt, aber äusserlich ähnlich der Volborthit, der sich auf Klüften und als gelbgrünes Pigment in den Permsandsteinen am Ural findet. — Analog zusammengesetzt, aber durch $1^1/_2H_2O$ unterschieden: Konichalcit. $4(CuCa)O, As_2O_5.1^1/_2H_2O$ aus Andalusien.

Trichalcit. $3CuO, As_2O_5.5H_2O$. Strahlige, spangrüne Aggregate. Auf Fahlerz von Turginsk und Beresowsk.

Chlorotil. $3CuO, As_2O_5.6H_2O$. ⨯⨯ haarförmig. Derb und faserig. Apfelgrün. Auf Quarz mit Scheelit zu Schneeberg und Zinnwald. Chile.

Tagilit. $4CuO, P_2O_5.3H_2O$. Monoklin. ⨯⨯ sehr klein und undeutlich, zu Nieren und Kugeln gruppirt. Aggregate traubig, warzig mit faseriger oder erdiger Structur und rauher Oberfläche. H. = 3, G. = 4. Glasgl., kantendurchscheinend. Smaragdgrün, wenn verwittert berggrün. Str. spangrün. Nischne Tagilsk, Ullersreuth im Vogtland, Gross-Kamsdorf. Mercedes östlich von Coquimbo.

Leukochalcit. $4CuO, As_2O_5.3H_2O$ (?). Feine, weisse, etwas grünlich schimmernde Nädelchen; als Anflug. Grube Wilhelmine bei Schöllkrippen im Spessart.

Euchroit. $4CuO, As_2O_5.7H_2O$. Rhombisch. ⨯⨯ kurzsäulig, vertical gestreift und zu Drusen und Krusten verbunden. (110)∞P 117° 20′, (120)∞P$\breve{2}$, (011)P$\breve{\infty}$, (001)oP. Br. muschlig, ziemlich spröd. H. = $3^1/_2$—4, G. = 3,3—3,4. Glasgl., durchs. bis durchschein. Smaragdgrün, dem Dioptas ähnlich. Str. hellgrün. Libethen.

Dihydrit. $5CuO, P_2O_5.2H_2O$. Die anscheinend monoklinen, schwärzlichgrünen, kleinen und undeutlichen ⨯⨯ sind triklin und sitzen auf derbem Phosphor-

chalcit, für dessen XX sie früher gehalten wurden. H. = $4^1/_2$—5, G. = 4—4,4. Diamantgl. Derb von gleicher Beschaffenheit wie Phosphorchalcit. Rheinbreitbach und Nischne Tagilsk.

Erinit. $5CuO, As_2O_5 . 2H_2O$. Scheinbar amorph, nierenförmig mit schaliger Structur und rauher Oberfläche. Br. muschlig. H. = $4^1/_2$—5, G. = 4—4,1. Matt, smaragdgrün. Str. apfelgrün. Cornwall, fälschlich von Irland.

Mottramit. $5CuO, V_2O_5 . 2H_2O$, etwas Pb-haltig, bildet aus kleinen undeutlichen XX aufgebaute Krusten. H. = 3, G. = 5,894. Schwarz, in dünner Schicht gelb durchs. Str. gelb. Mottram St.-Andrews in Cheshire.

Ehlit. $5CuO, P_2O_5 . 3H_2O$. Traubig, nierig mit glaskopfartiger oder drusiger Oberfläche und radialblätteriger Structur; auch eingesprengt. # nach einer Richtung sehr vollk. H. = $1^1/_2$—2, G. = 3,8—4,27. Glasgl., auf # Perlmgl. Kantendurchschein. Spangrün, Str. etwas heller. Ehl bei Linz am Rhein; Libethen; Nischne Tagilsk. — Der glaskopfartige, smaragdgrüne Prasin von Libethen ist Ehlit.

Cornwallit. $5CuO, As_2O_5 . 3H_2O$. Anscheinend amorph; auf Olivenit. Br. muschlig. H. = $4^1/_2$, G. = 4,166. Dunkelgrün. Cornwall.

Tirolit (Kupferschaum). $5CuO, As_2O_5 . 9H_2O$. Rhombisch. Nierig, kuglig mit strahlig-blätteriger Structur. # nach einer Richtung sehr vollk., mild, in dünnen Blättchen biegsam. H. = $1^1/_2$—2, G. = 3—3,1. Perlmgl. Spangrün bis himmelblau, Str. desgl. Falkenstein und Schwatz in Tirol; Riechelsdorf und Bieber; Saalfeld.

Phosphorchalcit (Phosphorkupfererz. Pseudomalachit. Lunnit). $6CuO, P_2O_5 . 3H_2O$ (70,82 CuO). Krystallsystem noch nicht erkannt, derbe Aggregate von nieriger, traubiger Form und faseriger, strahliger Structur. Die kleinen, auf der drusigen Oberfläche aufsitzenden, schwärzlichen XX gehören dem Dihydrit an. H. = 4—5, G. = 3,4—4,4. Fettiger Glasgl. Span- bis pistaziengrün mit schwärzlichgrünen Flecken. Str. spangrün. Mit Cuprit, Malachit und Chalcedon bei Rheinbreitbach; mit Brauneisen bei Hirschberg im Vogtland und Hof; in Cornwall. In grösserer Menge mit Lasur und Malachit bei Nischne Tagilsk.

Strahlerz (Abichit. Klinoklas). $6CuO, As_2O_5 . 3H_2O$ (62,62 CuO). Monoklin. $\beta = 99^\circ 30'$. Prismatisch nach (110)∞P 56°, dazu (001)oP und (302)$^3/_2$P$\bar{\infty}$; nierige, stenglige Aggregate. # (001)oP sehr vollk. H. = $2^1/_2$—3, G. = 4,2—4,4. Auf # Perlmgl., sonst Glasgl., an den Kanten durchschein. Aeusserlich schwärzlich blaugrün, innen spangrün. Str. bläulichgrün. Cornwall und Devonshire; Saida in Sachsen.

Kupferglimmer (Chalkophyllit). $8CuO, As_2O_5 . 12H_2O$. Hexagonal, rhomboedrisch. XX tafelig nach (0001)oR, zu kleinen Drusen und blätterigen Aggregaten gruppirt. # (0001)oR sehr vollk., mild. H. = 2, G. = 2,4—2,6. Durchs. bis durchschein. Perlmgl. Bläulich-, smaragd- bis spangrün. Str. hellgrün. Enthält etwas Al_2O_3, P_2O_5 und FeO. Redruth; Saida in Sachsen; Sommerkahl im Spessart; Nischne Tagilsk.

Veszelyit. $9CuO, 6ZnH, (PAs)_2O_5 . 18H_2O$. Triklin. Die undeutlichen XX bilden gewöhnlich rindenartige Krusten. H. = $3^1/_2$—4, G. = 3,53. Grünlichblau. Auf Granatfels und Brauneisen zu Morawitza.

Hier schliesst sich an:

Lirokonit (Linsenerz). $18CuO, 4Al_2O_3, 5As_2O_5 . 60H_2O$. Monoklin. $\beta = 91^\circ 27'$. XX klein, aufgewachsen, auf den Prismenflächen fein gestreift. (110)∞P 61° 31', (011)P$\grave{\infty}$. Derb, eingesprengt. Br. uneben. H. = 2—$2^1/_2$, G. = 2,83—2,98. Glasgl., auf dem Br. Fettgl., durchschein. Himmelblau, ins Spangrüne. Str. heller. Cornwall; Herrengrund; Ullersreuth im Vogtland.

f) Wismuth- und Uran-Phosphate resp. Arseniate.

Atelestit. $3Bi_2O_3, As_2O_5 . 2H_2O$. Monoklin. $\beta = 109° 17'$. Diamantglänzende, schwefelgelbe Kryställchen auf Wismuthocker. Schneeberg in Sachsen.

Rhagit. $5Bi_2O_3, 2As_2O_5 . 9H_2O$. Kleintraubige Aggregate; grünlich. H. = 5, G. = 6,82. Mit Walpurgin und anderen Uranerzen von der Grube Weisser Hirsch zu Neustädtel bei Schneeberg.

Mixit. $20CuO, Bi_2O_3, 5As_2O_5 . 22H_2O$. Monoklin oder triklin. Radialfaserige Aggregate und als Anflug. H. = 3—4, G. = 3,79. Smaragdgrün bis bläulichgrün. Auf Wismuthocker im Geistergang zu Joachimsthal; Wittichen.

Walpurgin. $5Bi_2O_3, 3(UO_2)O, 2As_2O_5 . 10H_2O$. Triklin. Die dünnen XX erlangen durch Zwillingsbildung monoklines Ansehen. # (010)∞P$\breve{\infty}$ ziemlich deutlich. H. = $3^1/_2$, G. = 5,76. Diamant- und Fettgl. Gelb. Neben anderen Uranmineralien auf der Grube Weisser Hirsch bei Schneeberg.

Troegerit. $3(UO_2)O . As_2O_5 . 12H_2O$. Monoklin. β = ca. 100°. Gypsähnlicher Habitus der XX; dünn, tafelförmig. # (010)∞P$\breve{\infty}$ vollk. G. = 3,23. Citrongelb. Grube Weisser Hirsch bei Schneeberg. — Phosphuranylit ist ein ähnliches Uran-Phosphat. Flat Rock-Grube in Nord-Carolina.

Gruppe der Uranglimmer.

Doppelphosphate und -Arseniate des Uranyls (UO_2) mit Ca, Ba, Cu und $8H_2O$. Die hierhergehörigen Mineralien krystallisiren theils rhombisch (die Ca- und Ba-Uranite), theils tetragonal (die Cu-Uranite), stehen sich aber in ihrer Form ausserordentlich nahe.

Kalkuranglimmer (Kalkuranit. Uranglimmer z. Th. Autunit). $CaO, 2(UO_2)O, P_2O_5 . 8H_2O$ mit $62,77(UO_2)O$. Rhombische, scheinbar tetragonale Täfelchen, einzeln aufgewachsen oder schuppenartig gruppirt. Als seitliche Begrenzung von (001)oP treten (110)∞P 90° 43′ und (111)P oder (201)2P$\bar{\infty}$ und (021)2P$\breve{\infty}$ auf. Zw. nach (110)∞P. # (001)oP glimmerartig vollk., auch nach (100)∞P$\bar{\infty}$ und (010)∞P$\breve{\infty}$ vollk., nach (110)∞P deutlich. Mild. H. = 1—2, G. = 3—3,2. Auf (001)oP Perlmgl., durchschein. Zeisiggrün, schwefelgelb ausbleichend und dann Auripigment-ähnlich. Str. gelb. Seltener als der Kupferuranit. Auf Gängen zu Johann-Georgenstadt und Schneeberg; im Granit zu St. Symphorien bei Autun und St. Yrieux bei Limoges. Cornwall. In Amethystmandeln von der Wolfsinsel im Onegasee; im Innern rother Turmaline zu Chesterfield, Mass. — Fritzscheit von Neudeck in Böhmen und Johann-Georgenstadt unterscheidet sich dadurch, dass Mn statt Cu eintritt und durch röthlichbraune Farbe.

Uranospinit ist das dem Autunit entsprechende isomorphe Arseniat und demselben äusserlich völlig ähnlich. Grube Weisser Hirsch zu Neustädtel bei Schneeberg.

Uranocircit (Baryumuranit) ist ein Autunit, der Ba statt Ca enthält; äusserlich von demselben nicht zu unterscheiden. Bergen bei Falkenstein in Sachsen.

Kupferuranglimmer (Torbernit. Chalkolith. Kupferuranit. Uranglimmer z. Th.). $CuO, 2(UO_2)O, P_2O_5 . 8H_2O$ mit $61,2(UO_2)O$. Tetragonal. XX meist dünntafelig, scharf ausgebildet, einzeln aufgewachsen oder schuppenartig gruppirt. (001)oP, (111)P, (110)∞P, (100)∞P∞. Auch als Anflug. # (001)oP glimmerartig vollk. Etwas spröd. H. = 2—$2^1/_2$, G. = 3,5—3,6. Glasgl., auf (001)oP Perlmgl., durchschein. Gras- oder smaragdgrün. Auf Brauneisenstein oder Hornstein zu Johann-Georgenstadt (Grube Tannenbaum); Eibenstock, Schneeberg, Zinnwald, Schlaggenwald. Mehrorts in Cornwall (Callington, Redruth, St. Austle).

Zeunerit ist das dem Kupferuranit entsprechende isomorphe Arseniat; äusserlich ununterscheidbar. Grube Weisser Hirsch zu Neustädtel bei Schneeberg; Geisterhalde bei Joachimsthal, Zinnwald. Wittichen. Cornwall.

4. Abtheilung. SO_3-haltige Phosphate und Arseniate.

Svanbergit, enthält neben SO_3 noch P_2O_5, Al_2O_3, Ca, Na und H_2O. Kleine Rhomboeder. $(10\bar{1}1)R$ 90° 22', $(40\bar{4}1)4R$. # (0001)oR. H. = 4½, G. = 2,57. Honiggelb bis hyacinthroth. Horrsjöberg in Wermland; Westanå in Schonen.

Beudantit. SO_3-haltiges Fe- und Pb-Phosphat, mehr oder minder As_2O_5-haltig, bald mit, bald ohne Wasser. Ebenfalls in kleinen Rhomboedern. $(10\bar{1}1)R$ 91° 18', (0001)oR, $(02\bar{2}1)-2R$. # (0001)oR. H. = 3½, G. = 4. Glasgl., durchs. bis undurchs. Olivengrün. Horhausen; Grube Schöne Aussicht bei Dernbach. Cork in Irland.

Eisensinter, amorphe Gemenge, umfasst einerseits SO_3-haltige Fe_2O_3-Phosphate (Phosphoreisensinter, Diadochit von Gräfenthal und Saalfeld), andererseits entsprechende Arseniate (Arseneisensinter, Pittizit von Freiberg und am Graul bei Schwarzenberg). Als ursprünglich weiche, eingetrocknete Zersetzungsproducte mit wechselndem Wassergehalt erscheinen sie in nierigen, stalaktitischen Krusten, haben muschligen Br., sind sehr spröd und gleichen in Farbe und Aussehen dem Kolophonium. — Gänseköthigerz (Buttermilcherz, Ganomatit von Andreasberg, Schemnitz, Joachimsthal) steht dem Pittizit nahe, enthält aber noch Sb_2O_3 und Ag; es entsteht aus der Zersetzung von Arsenkies und Silbermineralien, ist im frischen Zustand weich (quillt hervor) und erstarrt zu grünlichgelben, auch bräunlichen dünnen Krusten.

Lossenit. Rhombisch, in pyramidalem, dem Skorodit ähnlichen, kleinen XX. Braunroth, oberflächlich rostig verwittert. Ist ein Wasser- und SO_3-haltiges Arseniat von Eisen und Blei. Laurion.

IX. Klasse. Silicate, Titanate, Zirconiate, Stannate.

Die Zusammenfassung der in der Ueberschrift genannten Mineralien gründet sich auf die Verwandtschaft der bezüglichen Elemente, die in der isomorphen Vertretung ihrer Säuren den bezeichnendsten Ausdruck erhält. Neben den zahlreichen Silicaten verschwinden jedoch die wenigen Titanate, Zirconiate und Stannate vollständig.

A. Silicate.

Die Silicate bilden nicht nur die zahlreichste Mineralklasse, sondern sind auch zugleich die wichtigste, denn in Folge ihrer morphologischen wie physikalischen Eigenschaften gestatten sie eine besonders eingehende Erforschung und erlangen durch ihre intensive Verbreitung als gesteinsbildende Mineralien eine eminente geologische, speciell petrographische Bedeutung.

In physikalischer Beziehung sind die Silicate durchweg ausgezeichnet durch den Mangel einer Charakterfarbe und metallischen Aussehens, durch steinartigen Habitus, Durchsichtigkeit, weissen Strich in den meisten Fällen, grössere Härte und andere Merkmale, die meist auf den ersten Blick die Zugehörigkeit eines Minerals zu den Silicaten erkennen lassen.

Einer richtigen Deutung ihrer chemischen Constitution stellen sich grosse Schwierigkeiten entgegen. Die normale Kieselsäure, Orthosäure H_4SiO_4, lässt als mehrbasische Säure eine Reihe Ableitungen zu, zunächst durch Austritt von $1 H_2O$ die Metakieselsäure H_2SiO_3. Den Ortho- und Metasilicaten in ihrer dreifachen Modalität als neutrale, saure und basische Salze gehören die meisten Silicate an. Daneben sind aber andere Silicate vorhanden, deren Säuren hervorgegangen gedacht werden müssen durch den Austritt von H_2O-Molekülen aus mehreren H_4SiO_4- resp. H_2SiO_3-Molekülen. Unter diesen Polykieselsäuren werden am wichtigsten die Orthodikieselsäure $H_6Si_2O_7$ und die Metadikieselsäure $H_2Si_2O_5$. Auch eine Trikieselsäure $H_4Si_3O_8$ kommt in Betracht.

Es ist nun in vielen Fällen schwer oder zur Zeit unmöglich, anzugeben, auf welche der genannten Säuren ein nach seiner procentualen Zusammensetzung bekanntes Silicat zurückzuführen ist. Viele derselben lassen sich von mehreren Säuren ableiten oder können als saure resp. basische Salze verschiedener Säuren gedeutet werden. Ferner wird die richtige Deutung erschwert durch das eigenthümliche Verhalten des Aluminiums in den sogen. Alumosilicaten, wo es nicht nur als Al_2O_3, sondern auch als AlO erscheinen kann, ebenso wie es bald für einen basischen Bestandtheil, bald für die Kieselsäure einzutreten vermag. Dazu kommt die Rolle des durch die Analyse aufgefundenen Wassers. Nur jenes Wasser, welches sich noch vor der Rothgluth abspaltet, gilt nach der heutigen Auffassung als Krystallwasser, während das übrige auf basischen Wasserstoff zurückgeführt wird. Weitere Schwierigkeiten erwachsen aus der Deutung der Fluor- und Bor-haltigen Silicate, und nicht

minder eigenthümlich ist, dass chemisch verschieden constituirte Silicate, z. B. die Plagioklase, sich in allen Verhältnissen isomorph mischen können. Daher ist es zur Zeit vielfach angemessener sich mit einer empirischen, einfach die Zusammensetzung angebenden Formel zu begnügen, als höchst fragwürdige Constitutionsformeln aufzustellen.

Eine früher empfundene Schwierigkeit, die variabele Zusammensetzung mancher Silicate, ist durch die Erkenntniss, dass es sich um isomorphe Mischungen handele, beseitigt; ebenso ist durch die Deutung eines Theils der früher als wasserhaltig betrachteten Silicate als basische oder saure Salze eine Vereinfachung mancher Formeln eingetreten. Ein weiterer Schritt auf dem Weg der richtigen Auffassung von der Constitution der Silicate wird durch Beobachtung der Verwitterungsvorgänge, wie sie in den Pseudomorphosen verkörpert sind, oder sehr langsam wirkender chemischer Lösungen zu thun sein. Denn während es bei den Kohlenstoffverbindungen gelingt, durch Substitution der Hydroxylgruppen oder durch Abspalten einzelner Moleküle den stabilen Kern festzustellen und damit ein Urtheil über die Constitution der Verbindung zu erlangen, werden die Silicate im Allgemeinen bei der Behandlung mit Reagentien sehr schnell in möglichst einfache Verbindungen aufgelöst. Die Verwitterungsstufen der Silicate dagegen, aber auch die Ergebnisse zweckentsprechender Laboratoriumsversuche können den Substitutionsproducten der organischen Verbindungen an die Seite gestellt werden.

Früher wurden die Silicate je nach der Anzahl der Sauerstoffatome der Basen im Verhältniss zu der der Säure als Singulosilicate (Olivin. $2MgO,SiO_2 = 1:1$), Bisilicate (Enstatit. $MgO,SiO_2 = 1:2$), Trisilicate (Orthoklas. $K_2O,Al_2O_3,6SiO_2 = 4:12$) oder Tetrasilicate (Petalit. $Li_2O,Al_2O_3,8SiO_2 = 4:16$) bezeichnet. Aber bei der verschiedenartigen Function, die Al und H in vielen Silicaten ausüben und die nur selten mit Sicherheit sich feststellen lässt, erscheint eine derartige Bezeichnungsweise nur richtig und zulässig für Al- und H-freie Silicate.

In genetischer Hinsicht können manche Silicate auf verschiedenem Wege entstehen, z. B. Feldspath, Glimmer, andere haben aber eine ganz bestimmte Genesis, wie der Leucit etc., oder sind vorzugsweise auf eine Art entstanden. Namentlich lassen sich nach der Genesis 4 charakteristische Gruppen von Silicaten unterscheiden: eruptive, contactmetamorphische, dynamometamorphische und Verwitterungssilicate.

Die Verbreitung der Silicate ist eine ausserordentliche und darunter sind viele, die eigentlichen gesteinsbildenden Mineralien, wie die Feldspäthe, die Glieder der Hornblende- und Augitgruppe, Glimmer, Olivin etc., die sich sowohl durch intensive wie extensive Verbreitung auszeichnen. Andere sind wieder selten, wie namentlich die Silicate der seltenen Erden, deren Verbreitung auf gewisse granitische und syenitische Gänge beschränkt ist, unter denen sich namentlich die Syenitpegmatitgänge des südlichen Norwegens in der Umgebung des Langesundfjords auszeichnen.

Eine einigermassen zufriedenstellende Classification ist zur Zeit unmöglich. Alle Eintheilungsprincipien und nicht zum wenigsten das chemische lassen im Stich. Abgesehen von der ungenügenden Kenntniss der Constitution tritt das Mangelhafte einer chemischen Eintheilung darin besonders hervor, dass manche „natürlichen" Silicatfamilien Glieder sehr verschiedenen Aufbaus (cfr. Plagioklase) enthalten. Auch eine Eintheilung in wasserfreie und wasserhaltige Silicate ist nicht streng durchzuführen, da bei vielen Mineralien die Bedeutung des bei der Analyse gefundenen Wassers sich nicht sicher feststellen lässt. Unter den Silicaten lassen sich mit Rücksicht auf eine Anzahl gemeinsamer Charaktere eine Reihe natürlicher Familien oder Gruppen herausheben; diese sind im Nachfolgenden ohne durchgreifendes Princip,



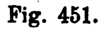
z. Th. aber nach ihrem gleichartigen geologischen Vorkommen an einander gereiht und ihnen sind die übrigen Mineralien nach ihrer chemischen oder sonstigen Verwandtschaft angeschlossen.

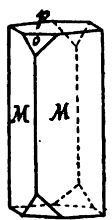
Andalusit-Topasgruppe.

Bei wechselnder quantativer Zusammensetzung im Wesentlichen Thonerdesilicate ohne Alkalien und alkalische Erden. Das reine Thonerdesilicat Al_2SiO_5 ist trimorph; es findet sich als Andalusit, Sillimanit und Disthen.

Andalusit. Al_2SiO_5.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}9861:1:0{,}7024$ (DES CLOIZEAUX). — XX durchweg recht gross, eingewachsen, dicksäulig mit tetragonalem Habitus und oberflächlich durch Umwandlung häufig mit Glimmerschüppchen oder einer dünnen Sericitrinde bedeckt. $M = (110)\infty P$ mit 90° 48′, $P = (001)oP$, öfters noch $o = (101)\bar{P}\infty$ mit 109° 4′, $(011)\breve{P}\infty$; andere Flächen sind selten. — In stenglig-strahligen und körnigen Aggregaten; als Chiastolith (Hohlspath) in langen dünnen XX, die einen mannichfach abgegrenzten, oft kreuzförmig gestalteten, dunkel pigmentirten Kern umschliessen, eingewachsen in Thonschiefer.


Fig. 451.



$(110)\infty P$ zuweilen deutlich. Br. uneben. Spröde. H. = 7—7½, angewittert weniger hart. G. = 3,1—3,2. Glasgl., selten durchs. (Brasilien, Californien), meist undurchs. und matt. Grünlich- und röthlichgrau; aschgrau, rosenroth und fleischroth, selten violett; zuweilen pleochroitisch. A-E = $(010)\infty\breve{P}\infty$; erste Mittellinie c negativ. $2V = 84$—85°.

Constitution wird als $Al(AlO)SiO_4$ gedeutet. 63 Al_2O_3, 37 SiO_2. — V. d. L. unschmelzbar, wird mit Co-Solution geglüht blau. Von Säuren nicht angegriffen.

Typisch metamorphes Mineral. In grösseren XX im Glimmerschiefer und Gneiss sowie auf Pegmatit- und Quarzgängen im Gneiss. Ganz allgemein, wenn auch meist nur mikroskopisch, im innern Contacthof von Graniten; selten im Granit selbst. Im Gneiss von Wunsiedel im Bayerwald, im Glimmerschiefer von Bräunsdorf im Erzgebirge und Landeck in Schlesien; auf Quarzgängen im Glimmerschiefer bei Krumbach in Steiermark, an der Lisensalp in Tirol. Bei Almeria in Andalusien im Glimmerschiefer; bei Mursinka am Ural. Als Geschiebe in Minas Geraës, Brasilien etc. Chiastolith: in den Thonschiefern von Gefrees im Fichtelgebirge, St. Jago di Compostela in Galicien, mehrorts in der Sierra Morena und in den französischen Pyrenäen, bei Bona in Algier, Mankowa in Transbaikalien.

Andalusit wandelt sich in Glimmer bezw. Sericit und Disthen um. Mit Sillimanit findet zuweilen gesetzmässige Verwachsung statt. Farbiger strahliger Andalusit

ist öfters mit Turmalin verwechselt worden. — Anthosiderit von Antonio Pereira in Minas Geraes ist ein Gemenge von A. mit Biotit.

Sillimanit. Faserkiesel, Fibrolith, Bucholzit. Al_2SiO_5.

Rhombisch. $a : b : c = 0{,}687 : 1 : (?)$ (Des Cloizeaux). Fast nur in stengligen, faserigen und verfilzten Aggregaten mit krummschaliger Absonderung, ohne scharfe Endbegrenzung der Individuen. *(110)*∞P mit 111°. In derben, mit Quarz durchwachsenen Massen (Faserkiesel) und lose als Geröll.

(100)$\infty \bar{P}\bar{\infty}$ sehr vollk. Br. uneben. H. = 6—7, G. = 3,23—3,24. Fettiger Glasgl., in Aggregaten Seidengl., durchs. bis kantendurchschein. Gelblichgrau, graugrün, nelkenbraun.

Zus. die des Andalusits, demnach Dimorphie; ebenso das chemische Verhalten.

Als accessorischer Gemengtheil von Gneissen, Glimmerschiefern, Granuliten und den in diesen auftretenden Pegmatit- und Quarzgängen, sowie in Contactgesteinen. Im Cordieritgneiss von Bodenmais; bei Freiberg in Sachsen; im Eulengebirge; bei Marschendorf in Mähren; in Selrain am Juchen in Tirol. In der Bretagne, Pontgibaud in der Auvergne, im Morvan. Worcester, Mass., Saybrook und Norwich, Conn., Yorktown in New-York.

Bamlit von Bamle in Norwegen, Monrolith von Monroe in New-York, Wörthit und Xenolith, beide als Geschiebe bei Petersburg, sind Sillimanit. — S. geht zuweilen aus der Umwandlung von Korund hervor. — Gleicht manchmal verkieseltem Asbest und dem Jadeit. — In Frankreich und Spanien zu Steinbeilen verwendet.

Disthen. Cyanit. Al_2SiO_5.

Triklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}8994 : 1 : 0{,}70898$ (vom Rath). — XX eingewachsen, breitstenglige oder linealartige, meist an den Enden verbrochene Prismen. $M =$ *(100)*$\infty \bar{P}\bar{\infty}$, öfters flach, wellig gebogen und quergestreift, $T =$ *(010)*$\infty \breve{P}\breve{\infty}$; daneben $o =$ *(1$\bar{1}$0)*$\infty' P$, $l =$ *(110)*$\infty P'$, $k =$ *(210)*$\infty \bar{P}' 2$, $P =$ *(001)*oP, letztere gewöhnlich nur als Gleitfläche. An den XX vom Monte Campione im Tessin: $T : M = 106° 21'$, $P : M = 101° 30'$, $P : T = 86° 45'$. Zw. nach mehreren Gesetzen, am häufigsten 1. nach *(100)*$\infty \bar{P}\bar{\infty}$, oft mit lamellarer Wiederholung (Zwillingsstreifung); auf den Flächen P und T entstehen einspringende Winkel (Fig. 453). — Auf den ersten Blick erscheinen ähnlich, weil gleichfalls (nahezu) parallel *(100)*$\infty \bar{P}\bar{\infty}$ verwachsen, die beiden weit selteneren Zwillingsgesetze: 2. Zwillingsfläche senkrecht zur Verticalaxe; nur auf P einspringende Winkel und 3. Zwillingsfläche

Fig. 452.

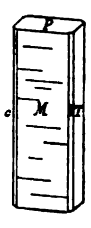


Fig. 453.



eine durch die Verticalaxe senkrecht zu *M* gelegte Fläche, wobei nur auf *T* einspringende Winkel auftreten. — Nach der Basis *P* sind oft Zwillingslamellen eingeschaltet, die secundär durch die Gleitflächennatur von *P* entstanden sind. — Auch unter nahezu 60° sich kreuzende Zw. (nach $(12\bar{1})2P\breve{2}$) kommen vor. — Zumeist in radial und verworren strahligen und strahlig-blätterigen Aggregaten. Wirr strahlige, undeutlich ausgebildete Aggregate, oft grau pigmentirt, sind Rhätizit genannt worden. Lose als Geröll.

$M = (100)\infty P\bar{\infty}$ sehr vollk., $T = (010)\infty P\breve{\infty}$ vollk. Gleitfläche nach $P = (001)oP$, wodurch auf *M* und *T* Querstreifung entsteht. Spröd. H. an ganz frischen XX in der Längsrichtung $= 4^1/_2$, 6 quer dazu, G. = 3,5—3,7. Glasgl., durchs. bis durchschein. Gewöhnlich blau gefärbt, auch weiss, bläulichweiss, gelblich, grün, grau, selten ganz farblos. A-E mit [*MT*] 35° bildend, und erste Mittellinie (negativ) stehen fast senkrecht auf *M*.

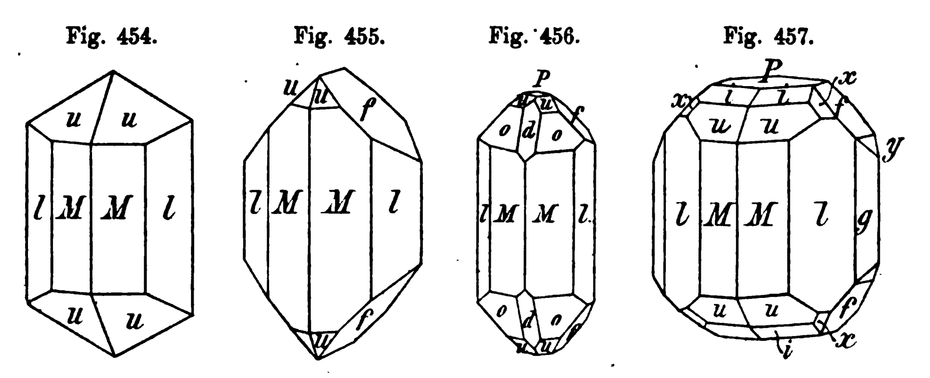
Chem. Zus. und Verhalten wie Andalusit, doch handelt es sich nach Groth wahrscheinlich nicht um gewöhnliche Dimorphie zwischen Disthen und Andalusit, sondern um Isomerie: Andalusit und Sillimanit stellen das Orthosilicat $Al(AlO)SiO_4$, Disthen das Metasilicat $(AlO)_2SiO_3$ dar.

Metamorphes Mineral. Gelegentlicher Gemengtheil von krystallinischen Schiefern, namentlich des Glimmerschiefers, im Granulit und Eklogit; bildet bei Horssjöberg in Wermland selbständige Lager. Nicht in Eruptivgesteinen. Besonders schöne XX neben Staurolith im Paragonitschiefer von Monte Campione bei Faido in Tessin; am Greiner in Tirol. Als Geröll bei Meronitz in Böhmen, auf den Goldseifen des Urals und Brasiliens.

Topas. $Al_2Si(O,F_2)_5$.

Rhombisch, holoedr. $a : b : c = 0{,}52854 : 1 : 0{,}95395$ (Kokscharow).

Fig. 454. Fig. 455. Fig. 456. Fig. 457.



— XX z. Th. sehr flächenreich, aufgewachsen, einzeln oder in Drusen, meist nach der Verticalaxe gestreckt, mit vorherrschenden, gewöhnlich

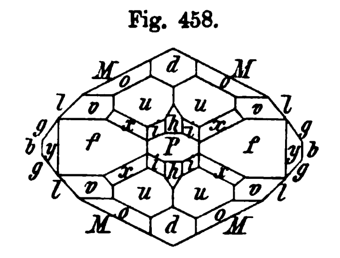


Fig. 458.

vertical gestreiften Prismen; als Endbegrenzung walten entweder Bipyramiden oder Längsdomen vor, die Basis ist meist untergeordnet, aber häufig als Spaltfläche. Manchmal zeigen die Enden ungleichmässige Ausbildung, so dass scheinbare Hemimorphie entsteht. Mehr als 140 Formen bekannt, von denen die wichtigsten:

$M = (110)\infty P$	$P = (001)oP$	$f = (011)P\breve{\infty}$	$h = (103)^1/_3 P\bar{\infty}$	$i = (113)^1/_3 P$
$l = (120)\infty\breve{P}2$	$b = (010)\infty P\breve{\infty}$	$y = (021)2P\breve{\infty}$	$o = (111)P$	$v = (122)\breve{P}2$
$g = (130)\infty\breve{P}3$		$d = (101)P\bar{\infty}$	$u = (112)^1/_2 P$	$x = (123)^2/_3\breve{P}2$

Die Winkel an XX verschiedener Fundorte und selbst correspondirende Winkel am selben XX schwanken etwas.

$MM = (110)(1\bar{1}0) = 124^\circ 17'$	$yy = (021)(0\bar{2}1) = 55^\circ 19'$	$uu = (112)(1\bar{1}2) = 141^\circ 0'$
$ll = (120)(1\bar{2}0) = 86^\circ 49'$	$dd = (101)(\bar{1}01) = 57^\circ 58'$	$uu = (112)(\bar{1}12) = 101^\circ 40'$
$gg = (130)(1\bar{3}0) = 64^\circ 28'$	$hh = (103)(\bar{1}03) = 117^\circ 56'$	$uP = (112)(001) = 134^\circ 25'$
$ff = (011)(0\bar{1}1) = 92^\circ 42'$	$oo = (111)(1\bar{1}1) = 130^\circ 22'$	$ii = (113)(1\bar{1}3) = 149^\circ 31'$
$fM = (011)(110) = 108^\circ 49'$	$oo = (111)(\bar{1}11) = 74^\circ 53'$	$iP = (113)(001) = 145^\circ 46'$
$fl = (011)(120) = 120^\circ 6'$	$oP = (111)(001) = 116^\circ 6'$	$vP = (122)(001) = 127^\circ 17^1/_2{}'$
$fd = (011)(101) = 110^\circ 32'$	$of = (111)(011) = 127^\circ 26^1/_2{}'$	$xP = (123)(001) = 138^\circ 48'$

Auch derb, entweder in grösseren, einheitlichen, feldspathähnlichen Stücken (Pyrophysalith von Finbo bei Fahlun) oder in parallelstrahligen Aggregaten (Pyknit), auch wohl in ganz dichten, an dichte Quarzaggregate erinnernde Partien. In Geröllen.

(001)oP sehr vollk. und durch Spaltrisse angedeutet. Br. muschlig bis uneben. H. = 8, G. = 3,4—3,6, also diamantähnlich. Glasgl., durchs. bis undurchs. Farblos, zumeist gefärbt, namentlich weingelb; meerblau und -grün, violett, gelbroth und rosenroth. Letztere Färbung ist meist durch Glühen gelber XX künstlich erzeugt; die intensiver gefärbten XX bleichen am Tageslicht aus. Spaltblättchen nach *(001)oP* zeigen Interferenzfigur. Sonstiges optisches Verhalten, Brechungsindices s. S. 193. Axenwinkel sehr schwankend. 2E = 71—130° für roth. Pyroelektrisch. Manche Topase enthalten zahlreiche mikroskopische Flüssigkeitseinschlüsse.

Chem. Zus.: Meist $5\,Al_2SiO_5 + 1\,Al_2SiF_{10}$, gewöhnlich wird ein Theil F durch (OH) ersetzt, weshalb beim Glühen Wasser (0,19—2,69%) entsteht und auf die Formel $Al_2(F,OH)_2SiO_4$ geschlossen worden ist. Auf das wechselnde Verhältniss von F : OH sind die Winkelschwankungen zurückzuführen. Bei hoher Temperatur entweicht auch Fluor (ca. 18%) in Form von SiF_4. — V. d. L. unschmelzbar. Beim Erhitzen mit Phosphorsalz entweicht FH; von Schwefelsäure nur wenig angegriffen.

Ist das Product pneumatolytischer Wirksamkeit in der Gefolgschaft saurer Eruptivgesteine, daher geknüpft namentlich an Granit und Quarz-

porphyr und deren Contact, sowie in charakteristischer Paragenesis mit Zinnstein und seinen Begleitern, seltener in Gneissen und Granuliten; neuerdings auch in jugendlichen Quarztrachyten in Nevada und Mexico gefunden. Schöne ✕✕ *vom Schneckenstein bei Auerbach in Sachsen, hier verkittet ein Cäment von Quarz und Topas Bruchstücke eines Turmalinfelses. Die weingelben* ✕✕ *haben den Habitus (Fig. 457). Mourne Mountains in Irland. Bei den russischen Topasen sind diejenigen vom Ural und Ilmengebirge zu unterscheiden von denen im Gebiet von Nertschinsk. Am Ural ist es die Gegend von Jekaterinburg, beim Dorfe Alabaschka bei Mursinka, von wo grosse, meist bläuliche* ✕✕ *kommen, ferner Miask am Ilmengebirge (meist klein und farblos) und die Goldseifen im Gebiet der Sanarka (Gouv. Orenburg), wo sich* ✕✕, *die den Brasilianern gleichen, z. Th. von natürlich rosenrother Färbung finden. Im Nertschinsker Gebiet sind es Vorkommnisse in der Umgegend des Flusses Urulga und namentlich die durch domatische Begrenzung ausgezeichneten* ✕✕ *vom Adun-Tschilongebirge. — Mukla in Kleinasien. San Luis Potosí und Durango in Mexico mit spitzpyramidaler Ausbildung. Im District Villa-Rica in Brasilien gelbe (durch Glühen rothwerdende) und braune* ✕✕ *vom Habitus (Fig. 454). Als lose Geschiebe finden sich Topase oft auf Edelsteinseifen (Ceylon); besonders schön, farblos, bläulich oder grünlich und merkwürdig durch Flüssigkeitseinschlüsse als Pingos d'agoa (Wassertropfen) am Rio Belmonte, Brasilien.*

In Folge des pneumatolytischen Processes können im Granit, Quarzporphyr und deren Contacthof Al_2O_3-haltige Silicate, wie Feldspath, Turmalin etc., in Topas umgewandelt werden, was in der Nähe des Zinnsteins mehr oder minder intensiv geschieht (Topasirung). Dahin das Vorkommen vom Schneckenstein, typischer noch die Umwandlung des Quarzporphyrs vom Mt. Bischof auf Tasmanien in Quarz-Topasfels. Der Topas erleidet Umwandlung zu Steinmark-artiger Substanz (sogen. Steatit und Gilbertit), die theils zum Nakrit und Kaolin, grösstentheils aber wohl zum Kaliglimmer gehört.

Dumortierit. $4Al_2O_3, 3SiO_2$. Rhombisch. $(110)\infty P$ = nahe 120°. In dünnen, faserigen oder strahligen Aggregaten. H. = 7, G. = 3,3—3,4. Schwacher seidenartiger Gl.; durchs. Tief blau, blaugrau bis bräunlich; enthält zuweilen Bor. Auf Pegmatitgängen. Beaunan bei Lyon, Wolfshau im Riesengebirge, Harlem in New-York, Clip in Arizona.

Zunyit. $4Al_2(O, H_2, F_2, Cl_2)_3, 3SiO_2$. Regulär, tetraedrisch. ✕✕ deutlich tetraedrisch entwickelt. $(111)O$, $(1\bar{1}1)-O$, $(100)\infty O\infty$, $(110)\infty O$. # $(111)O$. H. = 7, G. = 2,875. Glasgl., durchs. Wasserhell, weiss, graulichweiss, öfters mit eingelagerten Körnern von schwarzem Titaneisen. Zuñi-Mine in San Juan Co., Colorado.

Staurolith. $H_2Fe_2Al_{10}Si_4O_{26}$.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0,4723:1:0,6804$ (Des Cloizeaux). — ✕✕ eingewachsen, mehr oder weniger nach der Verticalaxe gestreckt. Der Habitus wird entweder durch $m = (110)\infty P$ 128° 42′, mit $P = (001)oP$ oder durch m, $o = (010)\infty P\breve{\infty}$ und P bedingt (Fig. 459). Dazu unter-

geordnet $r = (10\bar{1})P\bar{\infty}$, 70° 46′, und sehr selten $(100)\infty P\bar{\infty}$. Zw. gewöhnlich, und zwar als Durchkreuzungszwillinge nach $(032)^{3}/_{2}P\breve{\infty}$ (fast rechtwinklig, Fig. 460) oder $(232)^{3}/_{2}P\breve{3}/_{2}$ (fast unter 60°, Fig. 461); selten (Fannin Co., Geo.) nach $(130)\infty P\breve{3}$.

$(010)\infty P\breve{\infty}$ deutlich, aber absetzend. Br. muschlig bis uneben und splittrig. H. = 7—7½, G. = 3,4—3,8. Glasgl., oberflächlich auch

Fig. 459.

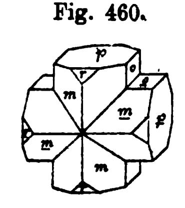
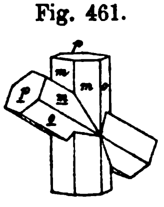


Fig. 460.


Fig. 461.

matt und rauh, auf dem Br. fettartig; durchschein. bis undurchs. Röthlich- bis schwärzlichbraun. Str. farblos. A-E = $(100)\infty P\bar{\infty}$. 1 Mittellinie = c, positiv; pleochroitisch.

Umschliesst Quarz, daher Analysenresultat und Gehalt an SiO_2 (28—51%) schwankend. — V. d. L. allein unschmelzbar, mit Borax und Phosphorsalz schwer schmelzend; von Säuren nicht angegriffen.

In Gneissen und Glimmerschiefern, öfters mit Glimmerschuppen bedeckt, ausserdem in Contactgesteinen, selten in Eruptiv- oder Sedimentärgesteinen. Mit Cyanit (oft regelmässig verwachsen) im Paragonitschiefer von Monte Campione in Tessin, im Glimmerschiefer auf der Piora-Alp (Airolo) in Tessin. Passeyr und Sterzing in Tirol, St. Radegund in Steiermark, Goldenstein in Mähren, Aschaffenburg in Bayern, Quimper in der Bretagne. Fannin Co. in Georgia, Lisbon und Franconia in New-Hampshire. Lose auf Seifen an der Sanarka, Gouv. Orenburg.

Xantholit aus Schottland, ein Ca- und Mg-haltiger, Nordmarkit ein an Mn reicher Staurolith von Nordmarken in Schweden. — Crucit (Crucilith) stellt sich kreuzende, mit einer ockerigen oder wachsartig schimmernden Substanz erfüllte Eindrücke in einem südirländischen Sandstein vor, die von zersetztem Staurolith herrühren dürften.

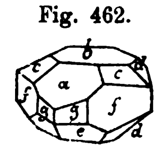
Datolith-Gadolinitgruppe.

Isomorph, monoklin.

Datolith. $H_2Ca_2B_2Si_2O_{10}$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}6329 : 1 : 0{,}6345$. $\beta = 90°\ 9'$ (Dauber-Rammelsberg). — XX aufgewachsen, zu Drusen verbunden, flächenreich, gewöhnlich kurzsäulig nach der Vertical- oder auch Klinoaxe gestreckt, seltener dicktafelig. $g = (110)\infty P$ 115° 20′, $f = (120)\infty P\grave{2}$ 76° 38′, $a = (10\bar{1}) - P\bar{\infty}$, $b = (001)oP$, $c = (122) - P\grave{2}$, $d = (021)2P\grave{\infty}$, $e = (\bar{1}11)P$, $s = (100)\infty P\bar{\infty}$. — Derb, in körnigen Aggregaten; dichte, sehr feinfase-

Fig. 462.



rige Aggregate, welche traubige und nierige Ueberzüge auf Calcit von Arendal bilden, heissen **Botryolith**.

Br. uneben, muschlig. H. = 5—5 1/2, G. = 2,9—3. Glasgl., im Br. fettartig, durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, grünlich, gelblich, selten röthlich oder schwach violett. A-E = *(010)∞P∞̆*, 1 M-L negativ, fast senkrecht *(001)oP*, im spitzen Winkel *a*ˇ*c*; 2 V (roth) = 74—75°.

37,54 SiO_2, 21,83 B_2O_3, 35 CaO, 5,63 H_2O. — Färbt die Löthrohrflamme grün und schmilzt zur klaren Perle; mit Salzsäure gelatinirend.

Vorkommen analog den Zeolithen, auf Klüften basischer Eruptivgesteine; seltener auf granitischen Gängen und gewissen Magneteisenlagerstätten. Zu Andreasberg auf Klüften des Diabases wie auch auf Klüften im Thonschiefer in der Nachbarschaft der Erzgänge; in Melaphyrblöcken der Seisseralp und in Chalcedonmandeln von Theiss bei Klausen in Tirol; im Serpentin zu Toggiana in Modena; auf der Magnetitlagerstätte von Arendal und Utö, im Diorit von Bergen-Hill, New-Jersey; neben gediegenem Kupfer im „Melaphyr" am Lake Superior.

Haytorit, Pseudomorphosen von Hornstein nach Datolith. Hay Tor in Devonshire.

Homilit. $FeCa_2B_2Si_2O_{10}$. Monoklin. β = 90° 22′. ✕✕ gewöhnlich mit oktaedrischem Habitus durch (110)∞P und (012)1/2P∞̆, daneben (001)oP und (100)∞P∞̄. Br. unvollk. muschlig. H. = 5 1/2, G. = 3,28. Schwacher fettiger Glasgl., undurchs., in dünnen Splittern durchschein. Schwarzbraun bis schwarz. Str. graulichweiss. Eingesprengt in Körnern und Blättchen mit Melinophan und Erdmannit im Nephelinsyenit von Stockö bei Brevig. — **Erdmannit** (Michaelsonit), ein noch ungenügend bekanntes, aus dem Homilit wahrscheinlich durch Verwitterung hervorgegangenes Mineral, eingesprengt in dunkelgrünen, glasglänzenden Körnern und Blättchen. G. = 3,388. Mit Melinophan von Stockö bei Brevig.

Euklas. $H_2Be_2Al_2Si_2O_{10}$. Monoklin. β = 91° 42′. Nur in ✕✕, nach der Verticalaxe gestreckt, meist flächenreich durch zahlreiche Verticalprismen, die auch eine starke Verticalstreifung zu Stande bringen. ⋕ (010)∞P∞̆ sehr vollk. Br. kleinmuschlig. H. = 7 1/2, G. = 3,09—3,11. Starker Glasgl., zumeist durchs. Farblos oder hellgrün, ins Bläuliche und Gelbliche, seltener blau und smaragdgrün. V. d. L. unter Aufglühen weisse Schmelze, löst sich in Borax und Phosphorsalz; von Säuren nicht angegriffen. Sehr selten. In losen ✕✕ und eingewachsen im Chloritschiefer von Boa Vista im District Villa Rica in Brasilien, lose auf Goldseifen am Flusse Sanarka im Ural, auf Periklin aufgewachsen aus den Tauern. Edelstein!

Gadolinit. $FeBe_2Y_2Si_2O_{10}$. Monoklin. β = 90° 33′. ✕✕ selten, eingewachsen, unvollk. ausgebildet und oberflächlich meist matt; gewöhnlich in der Richtung der Verticalaxe prismatisch. (110)∞P, (001)oP, (011)P∞̆, (012)1/2P∞̆, (111)—P, (1̄11)P. Derb und eingesprengt. Br. muschlig oder splittrig. H. = 6 1/2, G. = 4—4,5. Auf frischem Br. fettiger Glasgl. Undurchs., höchstens kantendurchschein. mit grüner bis brauner Farbe. Pech- bis rabenschwarz. Str. grünlichgrau. Im polarisirten Licht erweist sich G., vielleicht in Folge von Umwandlung, öfters mit isotroper Gadolinitsubstanz gemischt oder ganz isotrop. Verglimmt in eigenthümlicher Weise v. d. L., ohne zu schmelzen. Von Salzsäure unter Gallertbildung zersetzt. In Granit und

granitischen Gängen eingewachsen. Hitterö in Norwegen, in der Nähe von Fahlun bei Finbo, Ytterby etc. Schreiberhau im Riesengebirge, Radauthal im Harz. —

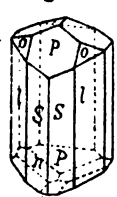
Danburit. $B_2CaSi_2O_8$. Rhombisch. XX ähnlich dem Topas, prismatisch durch (110)∞P 122° 52′, (120)∞P$\breve{2}$ 94° 52′, an den Enden begrenzt entweder (Danbury und Russell) durch (001)oP, (101)P$\breve{\infty}$ 97° 7′, (041)4P$\breve{\infty}$ 54° 58′ oder (Schweiz) von Pyramiden (142)2P$\breve{4}$ und (121)2P2. Viele Vicinalflächen. # (001)oP undeutlich. Br. uneben bis muschlig. H. = 7—7½, G. = 2,95—3,02. Fettartiger Glasgl. Farblos, gelblichweis und weingelb bis dunkelbraun. A.E. = (001)oP. D.-Br. negativ. In Dolomit von Danbury, Conn., in einem „granitischen" Gestein bei Russell in New-York; auf einer Rauchquarzdruse im Gneiss von Piz Valatscha, einem Vorberge des Skopi in Graubünden.

Turmalingruppe.

Turmalin. Schörl.

Hexagonal, trigonal-hemiedr., zugleich hemimorph. $a:c = 1:0{,}44805$ (Jeroféjew). — Die zuweilen recht grossen XX finden sich ein- oder aufgewachsen, sind gewöhnlich lang gestreckt und vertical gestreift, seltener kurzsäulig und glatt; öfters gebogen, geknickt oder gebrochen. Der charakteristische 3- bezw. 9-seitige prismatische Habitus wird bedingt durch das trigonale Prisma (Prisma I Art) $l = (01\bar{1}0)\infty R$[1]) für sich oder in Combination mit dem hexagonalen Prisma II Art $s = (11\bar{2}0)\infty P2$. Als Endbegrenzung treten mehrere trigonale Pyramiden auf, namentlich P (oben) $= (10\bar{1}1)R$ mit schwankendem, von der chemischen Zusammensetzung abhängigem Winkel 133° 6′—20′, P (unten) $= (01\bar{1}\bar{1})R$, $o = (02\bar{2}1)-2R$, $n = (01\bar{1}\bar{2})-\frac{1}{2}R$, ferner meist untergeordnet ditrigonale Pyramiden wie $t = (21\bar{3}1)R3$ und auch die Basis. Durch den Umstand, dass z. Th. Pyramiden mit gleichen Indices, aber verschiedenen Vorzeichen am oberen und unteren Ende erscheinen, erlangen die XX ausgesprochen rhomboedrisch-hemiedrisches Ansehen und bilden anscheinend Combinationen von Rhomboedern unter sich oder wie die braunen Turmaline von Gouverneur in New-York solche mit Skalenoedern. Vergl. S. 85. Ergänzungszwillinge nicht bekannt, ein Durchdringungszwilling nach $P = (10\bar{1}1)R$ ist in einem Fall beobachtet. Derb, eingesprengt und lose, gern in parallel- und divergentstrahligen Aggregaten (Turmalinsonnen der Granite).

Fig. 463.



Keine #. Br. muschlig bis uneben-splittrig; spröde. H. = 7—7½, G. = 3—3,2. Glasgl.; auf dem Br. jedoch stumpf bezw. pechartig. Durchs. in verschiedenem Grade bis undurchs. Ohne Charakterfarbe, auch farblos; namentlich schwarz, braun, blau, grün, roth, zuweilen am selben XX verschieden gefärbt (sogen. Mohrenköpfe von Elba). Die starke D.-Br. ist negativ; für roth im Mittel $\omega = 1{,}643$, $\varepsilon = 1{,}623$.

[1]) Die XX sind früher als rhomboedrisch-hemimorph aufgefasst worden; daher und wegen des scheinbar rhomboedrischen Habitus sind die rhomboedrischen Symbole Naumann's hier noch verwendet.

Pleochroismus sehr stark bis zur völligen Absorption des ordentlichen Strahles, daher Verwendung zu Polarisationsapparaten (Turmalinzange, S. 166). Axenbild zuweilen gestört. Stark pyroelektrisch, stärker bei den rothen, grünen und braunen XX als bei den schwarzen.

Die chemische Constitution kann noch nicht als sicher erkannt gelten, sodass es eine allgemein angenommene Formel zur Zeit nicht giebt. Der Name Turmalin bezeichnet chemisch keine einzelne Mineralart, sondern umfasst qualitativ und quantitativ verschiedene Glieder, die aber als isomorphe Mischungen von Borosilicaten der Thonerde mit Li (Lithionturmalin), mit Mg (Magnesiaturmalin), mit Fe (Eisenturmalin) und untergeordnet noch mit Ca, Mn, Na u. a. gedeutet werden können. Ein geringer Gehalt an H bezw. beim Glühen an Wasser und bezeichnender Weise an F ist ausserdem noch vorhanden. In den intensiv grünen Chromturmalinen von Nischne-Tagilsk im Ural wird ein Theil · Al durch reichliche Mengen von Cr ersetzt. Nach Penfield hat die Säure aller Turmaline die empirische Formel $H_{20}B_2Si_4O_{21}$, deren Wasserstoff durch die verschiedensten Radicale zum grössten Theil ersetzt wird. Im Mittel sind in den Turmalinen 35—38 SiO_2, 30—40 Al_2O_3, 9—11 B_2O_3, 2—3 H_2O, 0,5—1 F. — V. d. L. gelbe oder röthliche Flammenfärbung; im übrigen das Löthrohrverhalten verschieden. Das Pulver wird erst nach dem Glühen von heissen concentrirten Säuren zersetzt.

Häufig, der charakteristische Gehalt an B_2O_3 und F weist auf pneumatolytische Entstehung und verleiht dem Turmalin ein sehr bezeichnendes geologisches Vorkommen. Er findet sich weit verbreitet als Gemengtheil wie auf Drusen und Klüften von sauren Tiefengesteinen, namentlich in den peripherischen Theilen von Granitstöcken, in deren greisenartigen Abänderungen, auf granitischen (sogen. Pegmatit-) Gängen und in granitischen Contacthöfen. Daher auch gern die Paragenesis mit Quarz, mit Zinnstein und den Begleitern des Zinnsteins. Zuweilen ist im Contact, ähnlich wie bei dem Topas, der Granit wie das Nebengestein ganz turmalinisirt; schieferige Gesteine gehen dabei in Turmalinhornfelse über. Zahlreiche Fundorte: Granite des Brockens im Harz, von Cornwall etc. etc. — Fernerin Gneissen und Granuliten, im Dolomit von Campo longo am St. Gotthard und im Binnenthal, vereinzelt auf einigen Kupfererzgängen (Tamaya in Chile) und Magnetitlagerstätten wie Arendal, sehr selten in Ergussgesteinen. Auf zweiter Lagerstätte lose in Seifen und als mikroskopischer Gemengtheil von Phylliten und Thonschiefern.

Eine Trennung der einzelnen Glieder der Turmalin-Reihe auf chemischer Grundlage ist zur Zeit nicht durchführbar; die nachstehend aufgeführten Namen bezeichnen im Wesentlichen nichts anderes als Farbenvarietäten:

Achroit, farblos. Elba. — Rubellit, Siberit, Apyrit, Daourit beziehen sich auf rothe T. von Schaitansk und Mursinsk im Ural; dahin noch XX von San Pietro auf Elba, Penig in Sachsen, Chesterfield, Mass., Paris in Maine; ferner

die im Lepidolith von Rozena in Mähren vorkommenden strahligen und körnigen Varietäten. — Indigolith (Indicolith), blaue T. von Utö, ferner von Mursinsk, von Goshen, Mass. — Grüner T. von Penig, Schüttenhofen in Böhmen, auf Elba, Paris in Maine, Chesterfield, Mass. Im Dolomit von Campo longo etc. Tief grün sind auch die Chromturmaline des Urals. — Dravit umfasst braune bis grünliche und braunschwarze, sehr Mg-reiche T. von Unterdrauburg in Kärnten; dahin auch die gelbbraunen, durch $(32\bar{5}1)R5$ begrenzten XX von Gouverneur in New-York, die braunschwarzen XX von Eibenstock in Sachsen, aus dem Zillerthal, von Texas, Pa. — Schörl (schwarzer T.) umfasst die zahlreichsten Vork., schöne XX aus den Granitgängen am Sonnenberg bei Andreasberg, Bodenmais und Hörlberg in Bayern, Johann-Georgenstadt in Sachsen, Pierpoint in New-York etc. — Zeuxit, feine nadelige Turmalinkrystalle von Redruth in Cornwall. — Taltalit, Gemenge von Turmalin mit Kupfersulfiden von Taltal in Chile.

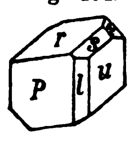
Geologisch wichtig die pneumatolytische Bildung von Turmalin im Granit unter Zersetzung von Feldspath in Kaliglimmer, daher, wie oben bemerkt, die Paragenesis mit Quarz, ferner mit Zinnstein und den Zinnsteinbegleitern, die Turmalinisirung des Nebengesteins im Granitcontact. — T. wird nicht selten in Muscovit, Pinit, Steatit und Chlorit umgewandelt. Durchsichtige, schön gefärbte Var., wie sie auf Ceylon, Madagascar, Villa Rica in Brasilien vorkommen, finden als Schmucksteine Verwendung. Aehnliche Mineralien: Epidot, Augit, Akmit, Hornblende, Lievrit, Smaragd. —

Karpholith (Strohstein). $H_4MnAl_2Si_2O_{10}$. Monoklin. Haarförmige oder fein nadelige, zu lockern Büscheln aggregirte oder verfilzte Kryställchen, die nach der Längsrichtung deutlich ⧺ sind. Seidengl., strohgelb. Von Säuren wenig angegriffen. Mit Quarz und Flussspath in Drusenräumen von Granit auf der Zinnerzlagerstätte von Schlaggenwald; als parallelfaserige Aggregate eingewachsen in Quarzknauern metamorphosirter devonischer Schiefer bei Wippra; in Quarzgeschieben bei Meuville in den Ardennen.

Axinit. $H(CaFeMn)_3Al_2BSi_4O_{16}$ (nach Rammelsberg).

Triklin. $a : b : c = 0{,}4921 : 1 : 0{,}4797$. $\alpha = 82^0\ 54'$, $\beta = 91^0\ 52'$, $\gamma = 131^0\ 32'$ (Des Cloizeaux). — XX aufgewachsen, einzeln oder zu Drusen verbunden, etwas tafelig und an den Kanten gewöhnlich schneidig scharf. $P = (1\bar{1}0)\infty'P$, $u = (110)\infty P'$, $r = (1\bar{1}\bar{1})'P$, $x = (111)P'$, $s = (201)2'P'\bar{\infty}$, $l = (100)\infty P\bar{\infty}$, $v = (010)\infty P\breve{\infty}$ [1]). — $P^{\vee}u = 135^0\ 31'$, $P^{\vee}r = 134^0\ 45'$, $r^{\vee}u = 115^0\ 38'$, $r^{\vee}s = 143^0\ 35'$. Die Prismenflächen P und u sind vertical, r ist seiner Combinationskante mit P parallel gestreift. — Derb in schaligen und breitstengligen Aggregaten; öfters von Chlorit durchwachsen.

Fig. 464.



⧺ $(100)\infty P\bar{\infty}$ ziemlich deutlich, nach anderen Flächen undeutlich. Br. muschlig. Spröd. H. = $6\frac{1}{2}$—7, G. = 3,3. Starker Glasgl., durchs. bis durchschein. Nelkenbraun ins Graue und Violette, rauchgrau, pflaumenblau. Ausgezeichnet pleochroitisch; A-E ungefähr senkrecht auf $(111)P'$, gegen $[xr]$ um $24^0\ 40'$, gegen $[xP]$ um 40^0 geneigt, Pyroelektrisch.

Formel noch nicht sicher. — Schmilzt v. d. L. leicht zu dunkelgrüner Perle; wird nach dem Schmelzen von Salzsäure zersetzt.

[1]) Von verschiedenen Autoren ist Axinit in der verschiedensten Weise aufgestellt. Hier ist die Aufstellung von Des Cloizeaux angenommen.

Auf Klüften in krystallinen, namentlich Hornblende-Schiefern, wie zu Bourg d'Oisans, Baréges in den Pyrenäen, Skopi in der Schweiz, Poloma in Ungarn; auf Gangtrümmern im Diabas, so im Harz, (Treseburg, Wormke, Andreasberg), am Monzoni und bei Botallak in Cornwall, in Drusen des Granits zu Striegau und Baveno, auf manchen Erzlagerstätten wie zu Thum und Schwarzenberg in Sachsen, Kongsberg, Nordmarken bei Filipstad, Dannemora in Chile.

Der Borsäuregehalt weist auf pneumatolytische Entstehung hin. Schliesst sich gern basischen Eruptivgesteinen an.

Zoisit-Epidotgruppe.

Kalkthonerdesilicate von der allgemeinen Formel $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$, worin ein Theil von Al durch Fe, Mn oder Ce vertreten werden kann. Dimorph, das reine Thonerdesilicat rhombisch (Zoisit), dagegen monoklin, sobald eine wesentliche Vertretung von Al durch Fe, Mn oder Ce statthat, wie beim Epidot, Piemontit und Orthit.

Zoisit. $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}6196:1:0{,}3429$ (Tschermak). — XX eingewachsen, nach der Verticalaxe gestreckt, öfters gekrümmt und geknickt. *(110)*∞*P* 116° 26′, längsgestreift, *(010)*∞*P*∞̆ häufig quergestreift, *(021)2P*∞̆. Endflächen selten. — Gewöhnlich in derben individualisirten Stücken mit grober Längsstreifung, in späthigen, stengligen bis faserigen Aggregaten.

(010)∞*P*∞̆ sehr vollk. Br. uneben. H. = 6, G. = 3,25—3,36. Fast immer trüb und undurchs. Glasgl., auf *(010)*∞*P*∞̆ Perlmgl. Vorherrschend aschgrau, aber auch gelblich und grünlichgrau, selten grün und bräunlich. Rosenrother Z., wie die Vorkommnisse von Souland in Telemarken und andernorts werden als Thulit bezeichnet. A-E veränderlich, gewöhnlich *(010)*∞*P*∞̆, sonst *(001)oP*. 1 M-L positiv, = a; D.-Br. schwach.

Etwas Al_2O_3 wird durch Fe_2O_3 ersetzt. Schmilzt v. d. L. unter Aufblähen zu durchs. Perle; geglüht von Salzsäure völlig zersetzt.

In krystallinischen, namentlich hornblendeführenden Schiefern wie Amphiboliten und Eklogiten, selten im Granit, vereinzelt auf gewissen Eisen- und Kupfererzlagerstätten. Weissenstein und Gefrees im Fichtelgebirge, Marschendorf in Mähren, Saualpe in Kärnten, Rauris in Salzburg, Sterzing und Passeyr in Tirol. Als Thulit von Traversella in Piemont, von Kleppa im Kirchspiel Souland in Telemarken (hier zusammen mit dem blauen Cyprin), von Lexviken bei Drontheim und auf der Eisengrube Klodeberg bei Arendal. Kupfergruben von Ducktown in Tennessee.

Ein grosser Theil Saussurit, d. h. durch Verwandlung porcellanartig gewordenen Plagioklases in den Gabbros und Dioriten ist in vielen Fällen nichts anderes als ein mikrokrystallines Aggregat von Zoisit (cfr. auch Skapolith).

Epidot. Pistacit. $H_2Ca_4(AlFe)_6Si_6O_{26}$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1,5807 : 1 : 1,8057$. $\beta = 115^\circ\ 24'$ (KOKSCHAROW, an XX von Achmatowsk). XX, besonders schön von

Fig. 465. Fig. 466. Fig. 467. Fig. 468.

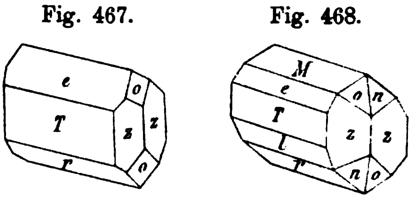


Fig. 470.

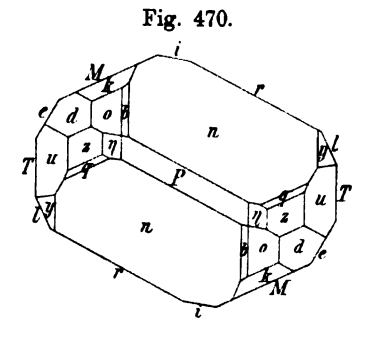


Fig. 469.

der Knappenwand im Sulzbachthal, von Achmatowsk, von Arendal etc., zu Drusen vereinigt, sehr flächenreich (über 200 Formen), fast stets in der Richtung der Orthoaxe prismatisch, selbst nadelförmig verlängert; nur der sogen. Bucklandit von Achmatowsk zeichnet sich dadurch aus, dass die sonst vorwaltenden und quer gestreckten Flächen aus der Zone der Orthoaxe zurücktreten oder ganz unterdrückt sind (Fig. 469). Am flächenreichsten sind die beiden Seitenenden (Fig. 470) ausgebildet. Durch das Auftreten vieler Flächen aus der Zone der Orthoaxe erscheinen die XX quer gestreift. Die wichtigsten Flächen und Winkel sind:

$T = (100)\infty P\bar{\infty}$	$l = (\bar{2}01)2P\bar{\infty}$	$o = (011)P\breve{\infty}$	$y = (\bar{2}11)2P\bar{2}$
$e = (101)-P\bar{\infty}$	$P = (010)\infty P\breve{\infty}$	$k = (012)\frac{1}{2}P\breve{\infty}$	$q = (\bar{2}21)2P$
$M = (001)oP$	$u = (210)\infty P\bar{2}$	$n = (\bar{1}11)P$	$b = (\bar{2}33)P\breve{3/2}$
$i = (\bar{1}02)\frac{1}{2}P\bar{\infty}$	$z = (110)\infty P$	$d = (111)-P$	
$r = (\bar{1}01)P\bar{\infty}$	$\eta = (120)\infty P\breve{2}$		

$Te = (100)(101) = 150^\circ 7'$	$uT = (210)(100) = 143^\circ 28'$	$nz = (\bar{1}11)(110) = 117^\circ 40'$
$eM = (101)(001) = 145^\circ 18'$	$uM = (210)(001) = 110^\circ 26'$	$oM = (011)(001) = 121^\circ 31'$
$Mi = (001)(\bar{1}02) = 145^\circ 39'$	$nn = (\bar{1}11)(11\bar{1}) = 109^\circ 34'$	$oT = (011)(100) = 102^\circ 57,$
$ir = (\bar{1}02)(\bar{1}01) = 150^\circ 57'$	$nP = (\bar{1}11)(010) = 144^\circ 47'$	$dM = (111)(001) = 127^\circ 40'$
$rl = (\bar{1}01)(\bar{2}01) = 153^\circ 57'$	$nM = (\bar{1}11)(001) = 104^\circ 48'$	$dP = (111)(010) = 131^\circ 59'$
$zz = (110)(\bar{1}10) = 110^\circ 0'$	$nT = (11\bar{1})(100) = 110^\circ 56'$	$du = (111)(210) = 155^\circ 57'$
$zM = (110)(001) = 104^\circ 15'$	$nu = (11\bar{1})(210) = 139^\circ 57\frac{1}{2}'$	$kn = (012)(\bar{1}11) = 135^\circ 35\frac{1}{2}'$

Zw. nach $(100)\infty P\bar{\infty}$ häufig, öfters mit lamellarer Wiederholung; selten Zw. nach $(001)oP$. — Strahlige, spiessige, zu Bündeln oder Büscheln gruppirte Aggregate; derb in strahligen bis dichten Massen (Pistacit); als Anflug. In Pseudomorphosen nach Skapolith, Granat, Augit und Hornblende.

$(001)oP$ vollk., $(100)\infty P\bar{\infty}$ etwas weniger vollk. Br. muschlig, uneben, splittrig. H. = 6—7, G. = 3,32—3,49. Glasgl., selten durchs.,

durchschein. bis undurchs. ×× gewöhnlich dunkelgrün: braungrün und schwärzlichgrün; Aggregate heller: pistazgrün, gelbgrün, selten (Zillerthal) roth. Str. grau. A-E = *(010)∞P∞̄*. D.-Br. stark negativ. Starker Pleochroismus, analog dem Turmalin. Sonstiges optisches Verhalten s. S. 194.

Die chem. Zus. der Epidote ergiebt sich als eine Mischung der beiden Silicate $H_2Ca_4Al_6Si_6O_{26}$ (Zoisitsubstanz) und $H_2Ca_4Fe_6Si_6O_{26}$; mit zunehmendem Gehalt an Fe_2O_3 muss demnach Al_2O_3, CaO und SiO_2 abnehmen. In der Regel ist CaO 23—24%, Al_2O_3 20—30%, Fe_2O_3 8—16%, SiO_2 37—39%. Beim Glühen entsteht ca. 2% H_2O. — Schmilzt unter Aufblähen zu einer magnetischen Schlacke; wird nach dem Glühen durch Salzsäure vollständig zersetzt.

Weit verbreitet. — 1. Ausgezeichnetes Contact- und metamorphes Mineral; die gewöhnlichen Contactmineralien wie Granat, Vesuvian, Augit, Hornblende, Magnetit etc. sind Begleiter. Zuweilen selbständig als Epidotfels und Epidotschiefer; typischer Bestandtheil des Skarnberges (vergl. S. 387), d. h. des metamorphischen Silicatgemenges, welche das Nebengestein zahlreicher Magnetitlagerstätten Skandinaviens, von Schmiedeberg in Schlesien, von Schwarzenberg in Sachsen, aus der Provinz Badajoz in Spanien, Traversella in Piemont, in Canada und den Ver. Staaten etc. bildet. — 2. Charakteristisches Verwitterungs- bezw. thermales Zersetzungsproduct von Al_2O_3- und CaO-haltigen Mineralien, namentlich Feldspäthen, Hornblende, Skapolith und von Silicatgesteinen. Daher eingesprengt und in Schnüren als Pistacit oder in ×× aufgewachsen auf Klüften und Drusen von Graniten, Syeniten, Gneissen, Hornblende- und Chloritschiefern etc. Striegau, Hirschberg, Zöptau in Mähren, Zillerthal, Sulzbachthal, Zermatt, Alathal, Arendal, Achmatowsk bei Slatoust im Ural etc. — Neben Kupfererzen am Lake Superior. — Lose in sandigen Körnern (sogen. Scorza) in den Goldseifen von Muska, Siebenbürgen.

Delphinit, Oisanit, Arendalit, Akanthikon, Thallit, Achmatit, Puschkinit, Escherit, Unionit sind theils ältere Namen, theils Varietätenbezeichnungen. Klinozoisit und Fouquéit (Ceylon) sind eisenarm und entsprechen chemisch dem Zoisit. Withamit ist ein rother Epidot von Glencoe in Schottland. — Pikro-Epidot, ein Mg-Epidot, kleine weisse oder schwach gelbliche durchscheinende ××. Baikalsee. — Zum Epidot gehört auch wahrscheinlich der hellgraue Beustit, Contactmineral von Predazzo. Aehnliche Mineralien: Turmalin, Hornblende.

Piemontit (Mangan-Epidot). $H_2Ca_4(AlMn)_6Si_6O_{26}$ mit 14—19 Mn_2O_3. Monoklin, holoedr. a : b : c = 1,61 : 1 : 1,8326. β = 115° 21′. ×× undeutlich, krystallinische langstrahlige Aggregate. ⋕ (001)oP vollk., weniger nach (100)∞P∞̄. H. = 6½, G. = 3,4. Glasgl. Wenig durchs. Röthlichschwarz, braunroth bis kirschroth, stark pleochroitisch. Str. kirschroth. — V. d. L. ziemlich leicht schmelzbar, färbt die Boraxperle amethystfarben; nach dem Glühen von Salzsäure zersetzt. Auf gewissen Mangan-

erzlagerstätten. St. Marcel in Piemont; Insel Groix, Bretagne. Insel Shikoku, Japan. — Der Mangan-Epidot von Jacobsberg in Nordmarken enthält nicht Mn_2O_3, sondern ca. 2—5 MnO.

Orthit (Allanit). $H_2(CaFe)_4(AlCe)_6Si_6O_{26}$. Durch Verwitterung und Wasseraufnahme nicht unwesentliche Abweichungen von der Formel; enthält auch Di, La, Y, Mg. Monoklin. a : b : c = 1,5507 : 1 : 1,7684. β = 115° 1'. XX selten, tafelig nach (100)∞P$\bar{\infty}$ und quer verlängert. Gewöhnlich derb und eingesprengt in dichten, körnigen, z. Th. auch stengligen Aggregaten. Zw. nach (100)∞P$\bar{\infty}$, seltener nach (001)oP. # (001)oP und (100)∞P$\bar{\infty}$ selten wahrnehmbar. Br. muschlig bis uneben. H. = $5^1/_2$, G. = 3—4. Fettartiger, z. Th. halbmetallischer Glasgl. Undurchs., in dünnen Splittern etwas durchschein. Pechschwarz ins Braune und Graue, öfters mit rostbrauner Verwitterungsrinde. Str. grünlichgrau oder braun. Im polarisirten Licht erweist sich O. z. Th. isotrop. — Schmilzt v. d. L. unter Aufschäumen zu schwarzem magnetischem Gl., wobei zuweilen ein Verglimmen eintritt. Nur ein Theil der Orthite wird auch vor dem Glühen durch Salzsäure zersetzt. Eingewachsen in Graniten und granitischen Ganggesteinen, in Syenit, Diorit und Gneissen, reichlicher im Tonalit des Adamello; selten in den Auswürflingen des Laacher Sees. Auerbach an der Bergstrasse, Granitgänge von Weinheim, im Syenit des Plauenschen Grundes, im Granit von Striegau, in den Pegmatitgängen von Schreiberhau. Auf der Magnetitlagerstätte am schwarzen Krux bei Schmiedefeld. Vielorts auf granitischen Gängen in Norwegen (Hitterö, Arendal, Kragerö, Snarum), Schweden (Umgegend von Stockholm und Fahlun) und Finland, Ural, Ilmengebirge, Grönland, Canada und atlantische Staaten Nordamerikas.

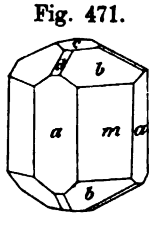
Bevor ihre Natur als Orthit erkannt wurde, sind manche Vorkommnisse mit besonderem Namen belegt: Cerin = O. von Bastnäs bei Riddarhyttan. — Pyroorthit = sehr wasserreicher O., ausgezeichnet durch Entzünden und Verglimmen v. d. L.; von Korarfvet bei Fahlun. — Vasit ist ein unreiner O. von Rönsholm bei Stockholm. — Xanthorthit ein gelber Orthit von Eriksberg bei Stockholm. — Uralorthit = O. von Miask. — Bagrationit = O. von Achmatowsk. — Bodenit und Muromontit = unreine O. von Boden, resp. Mauersberg bei Marienberg in Sachsen. — Bucklandit z. Th. = O. vom Laacher See und von Arendal. Sonst versteht man unter Bucklandit die charakteristische Ausbildungsform des Epidot von Achmatowsk (vergl. S. 468).

Cerit (Cerinstein). $H_6(CaFe)_2Ce_6Si_6O_{26}$; ein Theil des Ce wird durch La, Di, auch Al ersetzt. Rhombisch. XX sehr selten; derb in feinkörnigen, fast dichten Aggregaten. Br. uneben bis splittrig; spröd. H. = $5^1/_2$, G. = 4,9—5. Schmutzig graubraun oder grauroth. Fettiger Gl., kantendurchsch. bis undurchs. — V. d. L. unschmelzbar, von Salzsäure zersetzt. Bastnäs bei Riddarhyttan in Westmanland.

Vesuvian. Idrokas. Wiluit. Egeran. $(HO,F)Ca_6Al_3Si_5O_{20}$.

Tetragonal, holoedrisch. *a* : *c* = *1* : *0,5375* (Zepharovich). — XX öfters schön ausgebildet, kurz- und dicksäulig, selten pyramidal oder nadelförmig, zuweilen schalig gebaut. Die Winkel schwanken ein wenig, gleichwerthige können selbst am selben XX etwas verschieden sein. *m* = (*110*)∞*P*, *a* = (*100*)∞*P*∞, *b* = (*111*)*P* mit 129° 21' an den Polk. und 74° 27' an den Mittelk., *c* = (*001*)*oP*, *d* = (*101*)*P*∞, ferner (*331*)*3P*, (*311*)*3P3*, (*210*)∞*P2*. Die häufige Com-

Fig. 471.



bination *a b* wird dem Rhombendodekaeder des Granat ähnlich. — Derb, körnig (sogen. Kolophonit von Arendal, der z. Th. aber auch Granat ist), öfters in parallel- und divergentstrahligen Aggregaten (sogen. Egeran).

Br. uneben und splittrig. H. = 6½, G. = 3,34—3,45. Glasgl., auf dem Br. fettig. Durchs. in verschiedenem Grade, gewöhnlich nur durchschein. Grün und braun in verschiedenen Tönen, öfters kolophoniumfarben, auch gelb (z. B. Xanthit von Amity in New-York), rothbraun, schwarzbraun, selten blau (sogen. Cyprin von Souland in Telemarken, hier neben rothem Thulit) und rosenroth. D.-Br. schwach, negativ; V. vom Wilui positiv. Zuweilen optisch anomal; etwas pleochroitisch.

Zus. und Formel noch nicht sicher; enthält stets Fe_2O_3 und MgO, daneben zuweilen Alkalien, etwas MnO (Mangan-Idokras von Jordansmühl in Schlesien), TiO_2 (Deutsch-Tschammendorf in Schlesien u. a.), auch B_2O_3 (im Wiluit), selbst PbO und SnO_2. — V. d. L. unter Aufschäumen schmelzbar; durch Säuren erst nach dem Glühen vollständig zersetzt.

1. Ausgezeichnetes Contact- und metamorphes Mineral, besonders an Contact- und Urgebirgskalksteine geknüpft. Ein- und aufgewachsen neben den gewöhnlichen Contactmineralien; wenn aufgewachsen, oft neben Diopsid und Klinochlor. In den Kalkblöcken der Somma und am Albaner Gebirge; in den Contactkalken am Monzoni bei Predazzo, Auerbach an der Bergstrasse. Auf metamorphischen mit körnigem Kalk verbundenen Magnetitlagerstätten im Banat (Rezbánya, Cziklowa, Dognacska), Arendal u. a. O. In Serpentin von der Mussa-Alp im Alathal, Piemont. Dahin auch der strahlige Egeran von Haslau bei Eger in Böhmen, von Göpfersgrün im Fichtelgebirge, Sandford in Maine u. a. — 2. Auf Klüften in krystallinischen Schiefern mehrorts in den Alpen, Skandinavien und am Ural, z. B. Zermatt in Wallis, Pfitsch in Tirol, Egg bei Christiansand, Eker bei Drammen, Arendal in Norwegen, Slatoust im Ural; an der Achtaragda, einem Nebenfluss des Wilui in Ostsibirien, von wo der Var.-Name Wiluit. — In vulkanischen Aschen. Albaner Gebirge.

Zum V. dürfte auch der asbestartige Pilinit aus dem Granit von Striegau gehören.

V. wandelt sich um in Glimmer, Chlorit, Steatit, Fassait, Diopsid, Skapolith, auch in Granat. Aehnliche Mineralien: Granat, Zirkon, Zinnstein.

Granatgruppe.

Granat. Formel s. folgende Seite.

Regulär, holoedrisch. XX öfters einzeln ein- oder aufgewachsen, manchmal schalig struirt. Am häufigsten und charakteristisch *(110)∞O*,

daneben nicht selten *(211)202*, das auch zuweilen selbständig auftritt; weniger häufig oder selten *(321)30*$^{3}/_{2}$, *(431)40*$^{4}/_{3}$, *(332)*$^{3}/_{2}$*O*, *(210)∞02*; zuweilen *(111)O* und *(100)∞O∞*. Auf *(110)∞O* manchmal Diagonalstreifung. Derbe, körnige bis dichte Massen, lose in Geröllen und im Sande.

Fig. 472.

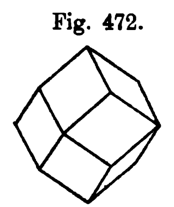


Fig. 473.

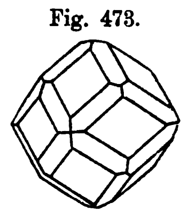


Fig. 474.

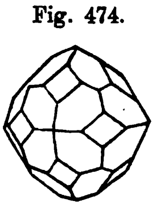
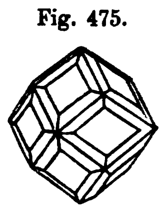


Fig. 475.



(110)∞O fast stets sehr unvollk. Br. muschlig bis splittrig; spröd. H. = $6^{1}/_{2}$—$7^{1}/_{2}$, G. = 3,4—4,3. Durchs. bis undurchs. Glasgl. bis Fett- und Pechgl. Farblos und in der verschiedensten, von der chem. Zus. abhängigen Weise gefärbt, namentlich braunroth. Br.-I. = 1,7—1,8. Recht häufig optisch anomal.

Die unterschiedlichen Glieder der Granatgruppe sind in der Hauptsache Silicate der Thonerde bezw. des Eisens in Verbindung mit Kalk oder Magnesia. Allgemeine Formel $R_3^{II}R_2^{VI}Si_3O_{12}$, wo R^{II} = Ca, Mg, Fe, Mn und R^{VI} = Al, Fe, Cr ist. Wenn auch vielfach in den Granaten sowohl für R^{II} wie R^{VI} nur je ein Element eintritt, so sind doch die meisten isomorphe Mischungen mit mehreren Elementen für R^{II} und R^{VI}. — Löthrohrverhalten abhängig von der Zus., gewöhnlich nicht schwer, zu einem oft magnetischen Glas schmelzbar. Von Säuren unvollk. zersetzt, geschmolzen aber vollständig unter Abscheidung von Kieselgallert.

Häufiges Mineral. — 1. In krystallinischen Schiefern (Glimmerschiefer, Granulit, Eklogit, Granatfels). — 2. Als Contactmineral von kalkigen und dolomitischen Gesteinen neben körnigem Kalkspath, Wollastonit, Kokkolith, Vesuvian, Magnetit. — 3. Seltener in Eruptivgesteinen, Granit, Quarzporphyr, Porphyrit. — 4. Auf Spalten und Erzgängen.

Man unterscheidet:

1. Kalkthongranat. $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$. Farblos, weiss, hellgrün (Grossular), hyacinthroth (Kaneelstein, Hessonit), bernsteinfarben. Wesentlich Contactmineral. Auerbach, St. Andreasberg, Jordansmühl (wasserhell), als Diluvialgeröll auf der Dominsel von Breslau, Mussa-Alp im Alathal in Piemont (hier Hessonit in Begleitung von Diopsid und Klinochlor), Monzoni, Elba, Vesuv, am Wilui in Ostsibirien (Grossular), Ceylon.

Chemisch entwickelt sich aus dem Kalkthongranat und vielfach von gleichem geologischen Vorkommen ist der

2. Kalkeisengranat (Andradit, Aplom). $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$, gewöhnlich etwas Mg- und Al_2O_3-haltig. In XX, individualisirten Körnern und derb, auch gesteinsbildend; mit fettigem bis pechartigem Bruch und gewöhnlich braun oder braungrün, öfters auch ganz schwarz; nur selten hellgrün und durchs. Schmilzt zu schwarzer magne-

tischer Kugel. 1. Typisches Contact- und metamorphes Mineral, daher häufig auf Magneteisenlagerstätten sowohl des Contacts wie solcher innerhalb metamorpher Schiefer und im Skarn (cfr. S. 387). Gern neben Epidot und sonstigen Contactmineralien. — Spitzenberg bei Altenau am Harz, Schwarzenberg und Breitenbrunn in Sachsen, Schmiedefeld im Thüringer Wald, Schmiedeberg im Riesengebirge. Moravicza und Dognacska im Banat, Arendal, Långbanshyttan. Bei Sala in Schweden und Broken Hill in Australien in Bleiglanz eingewachsen; bei Pitkäranta mit Kupferkies. Ural etc. — 2. Eingesprengt und auf Klüften in krystallinen Schiefern, namentlich von Serpentin und Chloritschiefer. Sparrenberg und Wurlitz im Fichtelgebirge. Pfitsch- und Zillerthal in Tirol, Zermatt in Wallis, an der Mussa-Alp im Alathal. — 3. In Nephelin und Leucit führenden Eruptivgesteinen, immer titanhaltig und schwarz gefärbt (Melanit), selten in älteren, der Tiefenfacies angehörenden Gesteinen und dann derb eingesprengt wie die Schorlomit genannte Var. aus den Eläolithsyeniten von Magnet Cove in Arkansas und der Iwaarit von Iwaara in Finland; weit häufiger in jüngeren Ergussgesteinen und Tuffen, wie Phonolith, Nephelin- und Leucitbasalten etc. In den Leucitophyren von Rieden und Olbrück in der Eifel und vom Kaiserstuhl, im Peperin der Albaner Berge etc. — Zum Kalkeisengranat gehören die mit besonderen Varietätennamen belegten: Topazolith, gelb, durchsichtig von der Mussa-Alp im Alathal. Demantoid, schön grüne lose Körner aus den Goldseifen von Bobrowka im Ural. Kolophonit, derbe, körnige Aggregate von kolophoniumbrauner oder schwarzer Farbe und Harzglanz, Arendal; ein grosser Theil desselben ist jedoch körniger Vesuvian. Allochroit, ein dichter, grünlicher oder gelblicher, Mn-haltiger Granat von Drammen und Feiringen in Norwegen. Rothoffit, gelbbraun, Mn-haltig von Långbanshyttan. Polyadelphit, derb, braungelb von Franklin, New-Jersey. — Schorlomit ist der Melanit aus den Eläolithsyeniten von Magnet Cove, Iwaarit der aus den gleichen Gesteinen von Iwaara genannt worden.

3. Magnesiathongranat (Pyrop. Schwarzer Granat z. Th.). $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$. Enthält auch mehr oder minder Ca und Fe, zumeist auch Cr. Mit Ausnahme des schwarzen Granats von Arendal von blutrother Farbe. Gewöhnlich nicht in wohl ausgebildeten ⨯⨯. V. d. L. schmelzbar. Stammt aus Serpentin, bezw. aus dessen Ursprungsgesteinen. Bekannt namentlich die sogen. böhmischen Granaten, die sich in einem jugendlichen Conglomerat von Serpentin u. a. Gesteinen zu Meronitz bei Bilin und in Diluvialsanden und -Geröllen bei Třiblitz und Podsedlitz finden. Eingewachsen im Serpentin von Zöblitz und Greifendorf in Sachsen. In Diamantseifen Südafrikas, von wo sie als „Caprubine" in den Handel kommen, und von Brasilien. Die Pyropen aus dem Serpentin vom Krems werden von einem 1 mm dicken faserigen, schwach doppelbrechenden, graubraunen, aber chemisch verschiedenen Mineral, Kelyphit, umhüllt, das vielleicht ein in Berührung mit Olivinsubstanz umgewandelter Granat ist. — Beliebter Schmuckstein.

4. Eisenthongranat (Almandin). $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$. Roth, braun, seltener schwarz; die kolumbinrothen (d. h. blutroth mit Stich ins Blaue) Gr. heissen Almandin. Eingewachsen in krystallinen Schiefern, so im Riesengebirge, Erzgebirge, in den Diluvialgeschieben Norddeutschlands. Fahlun. Vielorts in den Alpen, am Ural. Ein Theil enthält auch Y, danach Yttergranat z. Th.

5. Manganthongranat (Spessartin). $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$, mit mehr oder minder Beimischung von Fe. Gelb oder rothbraun. Hauptsächlich im Granit, aber auch in anderen Eruptivgesteinen. Aschaffenburg im Spessart. Ilfeld (im Porphyrit). St. Marcel. Elba. Broddbo bei Fahlun. Miask. Haddam, Conn.

6. Kalkchromgranat (Chromgranat, Uwarowit). $Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$. ⨯⨯ dunkel

smaragdgrün und glasglänzend; durch Verwitterung matt und schmutziggrün; öfters in Ueberzügen. Liefert v. d. L. grüne Boraxperle. Auf Klüften von derbem Chromeisenstein in der Nähe von Bissersk im nördlichen Ural; aus den Chromeisengruben von Texas, Pa. und New-Idria, Cal. In Ueberzügen von Jordansmühl in Schlesien, von Kyschtimsk im südlichen Ural. —

Partschin. $(MnFe)_3Al_2Si_3O_{12}$, demnach chemisch zur Granatgruppe gehörig, aber monoklin. β = 127° 44′. Die seltenen XX sind mattflächig und kantengerundet; (110)∞P, (100)∞P$\bar{\infty}$ und (001)oP herrschen vor; in losen Körnern. Br. unvollk. muschlig. H. = 6½, G. = 4. Schwacher Wachsglanz, trüb, gelblich bis röthlichbraun. Im goldführenden Diluvialsand von Oláhpian in Siebenbürgen.

Cordieritgruppe.

Cordierit. Dichroit. Polychroit. Jolith. Peliom. Steinheilit. $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$.

Rhombisch, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *0,58709* : *1* : *0,55835* (Miller). — XX stets eingewachsen, gewöhnlich mattflächig mit gerundeten Kanten. kurzsäulig mit hexagonalem Habitus. Die sechsseitigen Säulen werden durch (*110*)∞*P* 119° 10′, (*010*)∞*P*$\breve{\infty}$, die zwölfseitigen Säulen durch die hinzutretenden Flächen (*100*)∞*P*$\bar{\infty}$, (*130*)∞*P*$\breve{3}$ 59° 10′ gebildet; an den Enden gewöhnlich nur (*001*)*oP* oder untergeordnet (*112*) ½*P* und (*011*)*P*$\breve{\infty}$. Durchkreuzungszwillinge nach (*110*)∞*P* selten, zu Drillingen und Sechslingen verbunden. Zumeist in derben schaligen Körnern und Aggregaten, in grossen regellosen Stücken und als Geschiebe. Wandelt sich zu Pinit um.

(*010*)∞*P*$\breve{\infty}$, deutlich, Absonderung nach (*001*)*oP*. Br. muschlig bis uneben. H. = 7—7½, G. = 2,6. Etwas fettiger Glasgl. Durchs. bis durchschein. Grau und bräunlichblau, violblau, tiefblau; auch braungrünlich und gelblich. Starker Pleochroismus, daher der Name Dichroit, violblau ‖ c, gelblich ‖ a, grau ‖ b. A-E = (*010*)∞*P*$\breve{\infty}$, negative 1 M-L = c. Axenwinkel schwankend. D.-Br. schwach.

Etwas Al wird durch Fe ersetzt. Da auch frisches Material bei der Analyse Wasser ergiebt, so ist neuerdings die Formel auch $H_2Mg_4Al_8Si_{10}O_{37}$ geschrieben. V. d. L. nur an den Kanten schwierig schmelzbar; Säuren fast unwirksam.

Gemengtheil mancher Gneisse und Granite, die danach als Cordieritgneisse und -Granite bezeichnet werden; in den Auswürflingen des Laacher Sees; mikroskopisch in den Hornfelsen und Knotenschiefern granitischer und dioritischer Contacthöfe. Als Geschiebe. Mit Magnetkies und Kupferkies im Cordieritgneiss von Bodenmais im Bayerwalde und bei Orijärfvi in Finland, im sächsischen Granulitgebiete, bei Kragerö in Norwegen, Fahlun, im Granit von Abo in Finland, Haddam, Conn.; im Glimmersyenit von Cabo de Gata in Spanien (sogen. Jolith), als durchsichtiges Geschiebe (Wasser- oder Luchssapphir) von Ceylon.

Cordierit wandelt sich leicht um durch Aufnahme von Wasser und Kali, Abgabe von SiO_2 und MgO. Als Endproduct scheint regelmässig Kaliglimmer hervorzugehen.

Die Zwischenstadien von sericitischer, talkiger und serpentinartiger Beschaffenheit sind mit zahlreichen Namen belegt, darunter am wichtigsten Pinit, der jedoch auch aus anderen Silicaten, z. B. aus Turmalin hervorgeht. Sonst: Aspasiolith, Kragerö; Aurolith, Åbo in Finland, ebendaher Bonsdorffit; Chlorophyllit, Unity in New-Hampshire; Esmarkit, Bräkke in Norwegen; Fahlunit, Fahlun; Gigantolith, Tammela in Finland; Groppit, Gropptorp in Södermanland; Iberit-Montoval bei Toledo; Oosit, Oosthal in Baden; Peplolith, Ramsberg in Schweden; Pinit, ursprünglich im Granit des Pini-Stollens bei Schneeberg; Polychroilith, Kragerö; Praseolith, Bräkke; Pyrargillit, Helsingfors; Raumit, Raumo in Finland; Triklasit und Weissit von Fahlun.

Dem Cordierit werden ähnlich Quarz und Eläolith.

Sphenoklas. $(CaMgFeMn)_6Al_2Si_6O_{21}$. Nur derb, krystallinisch blättrig mit splittrigem Br. H. = 6, G. = 3,2. Kantendurchschein., schwachglänzend, blass graulichgelb. Lagenartig im körnigen Kalk neben Wollastonit von Gjellebäck in Norwegen.

Beryll. Smaragd. $Be_3Al_2Si_6O_{18}$.

Hexagonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}49886$ (Kokscharow). — XX ein- und aufgewachsen, meist lang säulenförmig, selten tafelig; das Prisma vertical gerieft und oft cylindrisch gerundet. Häufigste Combination $M = (10\bar{1}0)\infty P$, $m = (0001)oP$, $p = (10\bar{1}1)P$ ($p^{\vee}M = 119^{0}\ 57'$), daneben $s = (11\bar{2}1)2P2$, $u = (20\bar{2}1)2P$, $k = (21\bar{3}1)3P^{3}/_{2}$, $n = (11\bar{2}0)\infty P2$ etc. Keine Zw. — Stenglige Aggregate und lose als Geschiebe.

Fig. 476.

$(0001)oP$ vollk. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 7½—8, G. = 2,67—2,76. Durchs. bis durchschein. Glasgl. Wasserhell, häufig mit Stich ins Grünliche, verschieden grün, namentlich smaragd- und blaugrün gefärbt, auch gelb, blau, rosenroth. Pleochroitisch, D.-Br. schwach und negativ; durch Spannung optisch anomal.

V. d. L. nur an den Kanten schwer schmelzbar. Säuren unwirksam.

Eingewachsen in Glimmerschiefern, auf Klüften und Drusen im Granit, auf Pegmatitgängen; vereinzelt in Gangtrümmern und Drusen im Thonschiefer und Kalkstein, lose auf Seifen.

Von den Varietäten umfasst: 1. Smaragd die in Folge eines Cr_2O_3-Gehalts tief smaragdgrün gefärbten und zugleich durchsichtigen XX. Sehr werthvoller Edelstein. Im Glimmerschiefer eingewachsen an der Takowaja in der Gegend von Katharinenburg; Tunka-Thal in Columbien auf Gängen im Thonschiefer; Muzo-Grube, Neu-Granada in schwarzem Kalkstein, Habachthal in Salzburg im Glimmerschiefer; Eidsvold am Mjösen-See in Norwegen in Feldspath eingewachsen; im Alterthum waren die Gruben von Zabarah bei Kosseir am Rothen Meer berühmt.

2. Aquamarin (Edler Beryll). XX von gelber, meergrüner und blauer Farbe, durchs. Auf Drusen und Klüften im Granit. An der Takowaja, bei Mursinsk und Schaitansk im Ural, Aduntschilongebirge bei Nertschinsk; auf Elba; in den Mourne Mountains, Irland; lose in Brasilien.

3. Gemeiner Beryll. XX zuweilen von ausserordentlicher Grösse, gewöhnlich nur $(10\bar{1}0)\infty P$, $(10\bar{1}1)P$; an den Enden öfters verbrochen. Grün, gelblich-

weiss; trübe bis durchschein. Auf Klüften und Drusen von Granit und eingewachsen; begleitet zuweilen den Zinnstein wie zu Schlaggenwald, Ehrenfriedersdorf, St. Michaels-Mt. in Cornwall. — Zwiesel und Tirschenreuth im Bayerwalde; Langenbielau in Schlesien; Marschendorf in Mähren: Habachthal in Salzburg (im Glimmerschiefer); Limoges und Chanteloube; Elba; Irland und Schottland; Finbo bei Fahlun; Goshen, Mass.; Ackworth und Grafton in New-Hampshire, hier XX bis 1500 kg. — Beryll geht durch Verwitterung in Muscovit und Kaolin über. Aehnliche Mineralien: Grüner Turmalin, Apatit.

Olivingruppe.

Umfasst eine Anzahl rhombisch krystallisirender isomorpher Glieder, die theils die reinen Singulosilicate (normale Orthosilicate) Mg_2SiO_4, Fe_2SiO_4 und Mn_2SiO_4, häufiger noch deren isomorphe Mischungen darstellen. In einzelnen Gliedern sind auch noch die analogen Silicate Ca_2SiO_4, Zn_2SiO_4 in wesentlicher Menge beigemischt, untergeordnet, aber technisch bedeutungsvoll ist die Beimischung von Ni- und Cr-Silicat. Axenverhältniss und spez. Gew. bilden keine einfache Function des Mischungsverhältnisses. Die morphologischen und physikalischen Eigenschaften aller Glieder sind einander so ähnlich, dass sie hier zunächst unter der häufigsten Form, dem gemeinen Olivin, zusammengefasst und beschrieben werden sollen.

Olivin. Peridot. $(MgFe)_2SiO_4$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0,46575 : 1 : 0,58652$ (Kokscharow). — XX nicht häufig, eingewachsen oder lose, mit prismatischem oder nach *(100)∞P̄∞* dicktafeligem Habitus. Flächenreich, namentlich der meteorische O. Die gewöhnlichsten Formen sind: $n =$ *(110)∞P*

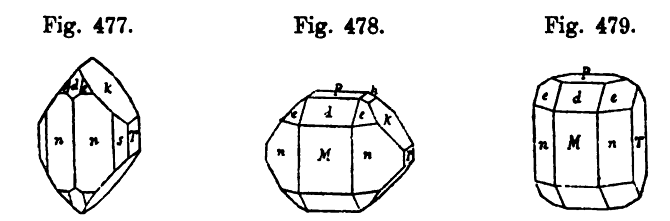


Fig. 477. Fig. 478. Fig. 479.

130° 2′, $s =$ *(120)∞P̆2*, $M =$ *(100)∞P̄∞* gewöhnlich vertical gestreift, T = *(010)∞P̆∞*, $P =$ *(001)oP*, $d =$ *(101)P̄∞* 76° 74′, $h =$ *(011)P̆∞* 119° 12′, $k =$ *(021)2P̆∞* 80° 54′, $c =$ *(111)P* mit 85° 16′, und 139° 54′ an den Polk. und 108° 30′ an den Mittelk. Gewöhnlichste Combination am gemeinen Olivin: *nsTkde* mit vorwaltendem *k*, wodurch die XX meisselförmig erscheinen (Fig. 477). Zw. nach $h =$ *(011)P̆∞* selten und fast nur an mikroskopischen XX beobachtet. Eingesprengt und lose, in Körnern und körnigen Aggregaten.

(010)∞P̆∞ einigermassen deutlich, *(100)∞P̄∞* unvollk. Br. muschlig. Spröd. H. = 6½—7, G. = 3,3 im Mittel, mit dem Fe-Gehalt zunehmend bis ca. 4. Glasgl. auf dem Br. etwas fettig, durchs. bis durchschein. Oelgrün, spargelgrün, gelblich, braun, roth, grau oder

farblos. D.-Br. positiv, optische Axen (87° 46′) liegen in *(001)oP*, 1 M-L = a. Sonstiges optisches Verhalten s. S. 193.

Chem. Zus. s. oben; zuweilen wird ein geringer Theil SiO_2 durch TiO_2 vertreten. Nur die sehr eisenreichen O. sind v. d. L. schmelzbar; je eisenreicher, um so leichter von Salzsäure zersetzbar.

Als Gemengtheil basischer, sowohl älterer wie jüngerer Eruptivgesteine, fast immer in Paragenesis mit Augit: im Diabas, Gabbro, Melaphyr, Basalt, Pikrit, Lherzolith, Dunit; in Form nuss- und faustgrosser körniger Einschlüsse im Basalt, in vulkanischen Auswürflingen, auf gewissen metamorphen Magneteisenlagerstätten, in Talkschiefer und in Meteoriten. Lose in vulkanischen Aschen und in Seifen. In künstlichen Schlacken.

Als besondere Glieder der Olivingruppe lassen sich unterscheiden:

Forsterit. Mg_2SiO_4 mit etwas FeO (bis 5%). Kleine aufgewachsene ×× und eingewachsen in Körnern. Farblos, weiss, gelblich, grünlich, grau. In Somma-Auswürflingen mit Spinell und Augit, in bläulichem Kalkspath der Nikolaje-Maximiliangrube im District Slatoust, im gelben Serpentin von Snarum. Hierher Boltonit, gelblichgrüne und bläulichgraue Körner im Kalkstein und Dolomit von Bolton, Mass. und wahrscheinlich auch die Serpentin-Pseudomorphosen von Snarum.

Monticellit $(MgCa)_2SiO_4$. Mg : Ca = 1 : 1. Kleine ××. Farblos weiss und gelblichweiss. # nicht beobachtet. V. d. L. nur an den Kanten schmelzend. In Kalkblöcken der Somma und im körnigen Kalk am Monzoni. Batrachit vom Monzoni ist derber, meist verwitterter M.

Olivin (Peridot). $(MgFe)_2SiO_4$ mit 5—25% FeO und 37—52% MgO. Gelblichgrün, angewittert gelbbraun, auch roth und zuweilen metallisch schimmernd. V. d. L. schwer oder, wenn Fe-arm, gar nicht schmelzbar; die Fe-reicheren werden leichter durch Salzsäure zersetzt. Der weitaus verbreitetste O., gegen den alle übrigen Glieder selten sind. ×× lose in der Umgebung des vulkanischen Mosenbergs in der Eifel, im Basalt des böhmischen Mittelgebirges bei Kostenblatt und Bilinka, im Pikrit von Neutitschein in Mähren, in Lava vom Forstberg bei Mayen in der Eifel und sehr flächenreich in den Höhlungen des Pallaseisens, d. h. des im Jahre 1749 im Gouv. Jenisseisk gefundenen Meteoreisens, sowie in einigen anderen Meteoriten. Derb weit verbreitet, namentlich in Basalten. Lose Bomben vom Dreiser Weiher bei Daun in der Eifel. In schwedischen im Kalkstein liegenden Magnetitlagerstätten, z. B. Långban, Norrberg, Pajsberg, Persberg, Håkansboda. Häufiges Product in Eisenfrischschlacken. Hierher gehört auch der ziemlich Fe-reiche Glinkit, der am Berge Itkul, Gouv. Perm, Talkschiefer durchtrümmert; ferner Titanolivin mit 3—6 TiO_2, bräunlichroth; in Talkschiefer von Pfunders in Tirol und am Findelengletscher bei Zermatt.

Als Fe-reichere Glieder schliessen sich an den gemeinen O.: Hyalosiderit mit 28—30 FeO, grüne, oberflächlich meist metallisch gelb oder rothbraun schimmernde ××. Limburg bei Sasbach im Kaiserstuhl. Ferner Hortonolith mit 44 FeO, gelblichgrün bis grünlich- oder bräunlichschwarz, neben Magnetit und Calcit von der O'Niel Mine, New-York.

Fayalit. Fe_2SiO_4, theoretisch mit 70,57 FeO, regelmässig mit etwas MnO und MgO. Weingelb bis olivengrün, verwittert braunroth und metallisch schimmernd; öfters mit Magnetit vermengt und dann schwarz. Auf der Insel Fayal (Azoren; sehr wahrscheinlich nur eine künstliche Schlacke), lose und in Trümmern eines grobkörnigen

Granits von Slievecarrach in den Mourne-Mountains, in rhyolithischen Lithophysen im Yellowstone-National-Park; in Schlacken. Hierher dürfte auch der schwarze Blättchen bildende Neochrysolith A. SCACCHI's aus Höhlungen einer Vesuvlava vom Jahre 1631 gehören, dessen Zusammensetzung versehentlich als $(CaFe)_2SiO_4$ angegeben wurde. Ebenso hierher Breislakit, haarförmig feine XX, in lockeren Büscheln; braun. Sublimirtes Mineral aus Poren der Lava von Capo di Bove bei Rom.

Eisenkalkolivin $(CaFe)_2SiO_4$. Bis jetzt nur als Hüttenproduct. Farblos bis licht bräunlich von Gässjö in Schweden, nelkenbraun von Easton, Pa.

Knebelit $(FeMn)_2SiO_4$. Nur in Spaltstücken und breitstengligen, grauschwarzen Aggregaten. Ausser nach (010)∞P$\breve{\infty}$ deutlich ⋕ nach (110)∞P. Geringer wachsartiger Glasgl. V. d. L. schmelzbar. Ilmenau? Nierenförmige Einlagerungen auf den Magnetitlagerstätten von Dannemora, von Vester-Silfberget in Dalarne. — Ein Knebelit mit vorwiegendem Fe-Gehalt von letzterer Localität und einigen anderen Punkten wird als Igelströmit oder Eisenknebelit bezeichnet. — Zum Knebelit gehört auch der O. aus dem Olivin-Diallaggestein Eulysit von Tunaberg in Schweden.

Roepperit (Stirlingit). $(FeMnZn)_2SiO_4$ mit ca. 10ZnO. Grosse XX, dicktafelig nach (010)∞P$\breve{\infty}$. Dunkelgrün bis schwarz, meist aussen verwittert. Ausser nach (010)∞P$\breve{\infty}$ vollk. ⋕ nach (001)oP, undeutlich nach (100)∞P$\bar{\infty}$. Stirling Hill.

Tephroit. Mn_2SiO_4 mit 70MnO, regelmässig etwas MgO und FeO. XX selten, meist in derben, nach 3 Richtungen ⋕ Aggregaten. Glasgl. auf den Flächen, auf dem muschligen bis splittrigen Br. fettartig. Durchscheinend bis durchs. Aschgrau, braun und roth. — V. d. L. schwer schmelzbar, von Salzsäure zersetzt. Franklin und Sparta in New-Jersey, Pajsberg, Långban. Künstlich. — Pikrotephroit heissen die Mg-reichen Tephroite. — Hydrotephroit bildet wasserhaltige, theilweise verwitterte hellrothe Aggregate bei Pajsberg. — Bementit. H_2MnSiO_4. In leicht zerreiblichen sternförmig faserigen Aggregaten, blass graugelb, dem Karpholith ähnlich. G. = 2,981. Franklin, New-Jersey. Ist wahrscheinlich auch nur ein Umwandlungsproduct von Tephroit. —

Alle gemeinen Olivine neigen, was sich unter dem Mikroskop im Einzelnen verfolgen lässt, sehr zur Verwitterung und Umwandlung, wobei gewöhnlich faseriger grüner Serpentin, oder blättriger, gelblich bis rother Iddingsit, seltener Chlorophaeit, Delessit, Hornblende, Anthophyllit gebildet werden. Dabei kann eine Anreicherung des Ni-Gehalts und selbst die Neubildung Ni-haltiger Magnesiasilicate (Garnierit) stattfinden. Als Endproducte erscheinen Opal und Chalcedon, Bitterspath, Magnetit und Hämatit. Schöne Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin sind von Snarum in Norwegen und vom Rympfischwäng am Findelengletscher bei Zermatt bekannt. Ebensolche Ps. aus dem Dolomit von Traversella sind Villarsit, solche von dunkelrother oder brauner Farbe aus schottischen Doleriten Ferrit genannt. Von technischer Bedeutung ist die charakteristische Verknüpfung der zu Serpentin verwitterten Olivine mit Nickel-, Chromit- und Platinlagerstätten.

Klare durchsichtige, meist auf Seifen (Orient, Brasilien) vorkommende Olivine finden unter dem Namen Chrysolith Verwendung zu Schmucksteinen.

Willemitgruppe.

Rhomboedrisch-tetartoedrisch mit Ausnahme des Trimerit, dessen Drillinge zwar einen analogen hexagonalen Habitus haben, dessen Individuen aber triklin sind. Chemisch sind die hierher gehörigen Mineralien gleich denen der Olivingruppe normale Orthosilicate (Bisilicate) und da im Troostit dieselben Basen enthalten sind wie in den Olivinen und der Trimerit geradezu ein Mittelglied zwischen Tephroit und

Phenakit bildet, so stehen Olivin- und Willemitgruppe zu einander im Verhältniss der Dimorphie.

T r i m e r i t. $MnBeSiO_4$. Triklin, in pseudohexagonalen Drillingen, die in Form und Winkeln dem Phenakit nahe stehen. # basisch deutlich; spröd. H. = 6—7, G. = 3,474. Starker Glasgl. Durchs. bis durchschein. Lachsfarben bis farblos. Selten; eingewachsen in Kalkspath, z. Th. mit Aktinolithnadeln bedeckt, auf der Harstiggrube in Wermland.

P h e n a k i t. Be_2SiO_4. Hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch. XX bald mit rhomboedrischem, bald mit prismatischem oder pyramidalem Habitus; am häufigsten $(10\bar{1}1)R$, $(11\bar{2}0)\infty P2$ oder $(11\bar{2}0)\infty P2$, $(11\bar{2}3)^2/_3P2$, $(10\bar{1}1)R$, dazu $(0001)oR$, $(01\bar{1}1)-R$, $(01\bar{1}2)-^1/_2R$, $(02\bar{2}1)-2R$, $(41\bar{5}0)\infty P^5/_4$, $(22\bar{4}3)^4/_3P2$ u. a. Der Tetartoedrie entsprechend sind die dihexagonale Bipyramiden als Rhomboeder III Art ausgebildet. Ergänzungszwillinge. # $(11\bar{2}0)\infty P2$ wenig deutlich. Br. muschlig. H. = 7—8, G. = 2,9—3. Glasgl., durchs. bis durchschein. Farblos, gelblichweiss, weingelb, blass rosa. D.-Br. positiv. — V. d. L. unschmelzbar, mit Borax zu klarem Glase; Säuren unwirksam. — Dieses seltene quarzähnliche Mineral findet sich auf den uralischen Smaragdgruben an der Takowaja mit Smaragd, Chrysoberyll, Apatit im braunen Glimmerschiefer; auf granitischen Gängen bei Miask im Ilmengebirge; bei Krageroe im südlichen Norwegen; mit Quarz in Brauneisen bei Framont in den Vogesen; Reckingen im Wallis, Cerro del Mercado bei Durango, Mexico; Pike's Peak und Topaz Butte, Colorado. Künstlich darstellbar. Aehnlich: Quarz und Topas.

W i l l e m i t. Zn_2SiO_4 (73 ZnO). Hexagonal, rhomboedrisch. XX gewöhnlich sehr klein, $(10\bar{1}0)\infty P$, $(30\bar{3}4)^3/_4R$, ausserdem wohl noch $(11\bar{2}0)\infty P2$, $(0001)oR$, $(01\bar{1}2)-^1/_2R$. Zw. nach $(3.3.\bar{6}.10)^3/_5P2$, Verwachsungsebene senkrecht darauf. Derb, in dichten und feinkörnigen Aggregaten. # $(0001)oR$ deutlich. Br. muschlig bis splittrig. H. = $5^1/_2$, G. = 4,02—4,18. Fettiger Glasgl., durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, gelblich, braun, auch blau, selten schwarz. Im Glasrohr k e i n Wasser. Auf der Galmeilagerstätte von Altenberg bei Aachen und am Büsbacher Berg bei Stolberg; Musartut in Grönland, Merrit Mine in New-Mexico. Im Ofenbruch und künstlich darstellbar. Das massenhafte Vorkommen von Mine Hill und Stirling Hill in New-Jersey rechnet seines Mangangehaltes besser zum Troostit.

T r o o s t i t. $(ZnMn)_2SiO_4$ (60—69 ZnO, 3—13 MnO). Hexagonal, rhomboedrisch. XX z. Th. recht gross. $(11\bar{2}0)\infty P2$, $(10\bar{1}1)R$ 116°, seltener $(01\bar{1}2)-^1/_2R$, $(03\bar{3}2)-^3/_2R$ und $(21\bar{3}1)R3$. Derb. # $(11\bar{2}0)\infty P2$ deutlich, $(10\bar{1}1)R$ undeutlich. Br. uneben; spröd. G. = 6, H. = 3,89—4,29. Glasartiger Fettgl., durchschein. Weiss, gelblich, apfelgrün, spargelgrün, röthlichbraun. — V. d. L. unvollk. schmelzbar; von Säuren zersetzt. In grossen Massen und bergmännisch gewonnen auf der Rothzinkerzlagerstätte von Stirling und Franklin in New-Jersey. —

B e r t r a n d i t. $H_2Be_4Si_2O_9$. Rhombisch hemimorph. Kleine, nach $(010)\infty P\breve{\infty}$ tafelige und nach mehreren Richtungen spaltbare XX; H. = ca. 6, G. = 2,6. Glasgl. oder Perlmgl. Durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, gelblich. In Pegmatiten der Umgegend von Nantes, La Villeder im Morbihan, Pisek in Böhmen, Mount Antero in Colorado, Stoneham in Maine.

Kieselzinkerz. Hemimorphit. Calamin. Galmei z. Th. Kieselgalmei. Kieselzinkspath. Zinkglas. $H_2Zn_2SiO_5$.

Rhombisch, hemimorph. $a:b:c = 0{,}7834:1:0{,}4778$ (SCHRAUF). — XX gewöhnlich nur klein, aufgewachsen, meist tafelartig nach $(010)\infty P\breve{\infty}$ und hemimorph ausgebildet. $a = (100)\infty P\bar{\infty}$, $b = (010)\infty P\breve{\infty}$, $c = (001)oP$,

$g = (110)\infty P$ 103° 50′, $o = (101)\bar{P}\infty$ 117° 14′, $r = (011)\breve{P}\infty$ 128° 55′, $p = (301)3\bar{P}\infty$ 57° 20′, $m = (031)3\breve{P}\infty$ 69° 48′. Die Fläche $s = (121)2\breve{P}2$ (Polk. 101° 35′ und 132° 26′) begrenzt regelmässig den unteren Pol, während der obere mannichfach ausgebildet sein kann. Ergänzungs-

Fig. 480.

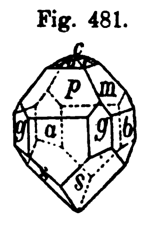


Fig. 481.

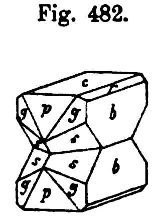


Fig. 482.

zwillinge nach $(001)oP$ (Fig. 482). ✕✕ häufig fächerförmig aggregirt oder in kugligen, nierigen, stalaktitischen Aggregaten von feinstengliger oder faseriger Structur; häufig in Krusten. Pseudomorphosen nach Calcit $(01\bar{1}2) - {}^1/_2 R$ (Brilon), Fluorit, Pyromorphit, Bleiglanz.

$(110)\infty P$ vollk., $(101)\bar{P}\infty$ etwas weniger. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 5, G. = 3,3—3,5. Auf $(010)\infty\breve{P}\infty$ Diamantgl., sonst hoher Glasgl. Durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, graulich oder gelblichweiss, grau, gelb, braun, grün. A-E = $(100)\infty\bar{P}\infty$. +M-L = c. Sonstiges optisches Verhalten s. S. 193. Durch Erwärmen polarelektrisch.

67,5 ZnO bezw. 54,2 Zn, 25 SiO_2, 7,5 H_2O. V. d. L. unschmelzbar; giebt im Kölbchen erst bei Rothgluth Wasser. In Salzsäure unter Abscheidung von SiO_2 löslich.

Wichtiges Zinkerz. Vorkommen auf metasomatischen Lagerstätten das gleiche wie Zinkspath und an denselben Orten, nur nicht so reichlich. Altenberg und anderswo bei Aachen, Iserlohn, Tarnowitz, Raibl und Bleiberg in Kärnten, Matlock in Derbyshire, Olkusz, Nertschinsk, Phönixville und Friedensville, Pa., Stirling Hill, N.-J., Austin's-Mine in Virginien.

Moresnetit, Gemenge von Kieselzink mit einem thonähnlichen Silicat von Moresnet bei Aachen. — Eggonit bildet sehr kleine, licht graubraune, durchs. bis durchschein. ✕✕. H. = 4—5. Auf Kieselzink von Altenberg bei Aachen; ist für Cd-Silicat gehalten, ist aber Schwerspath (cfr. S. 414).

Dioptas. Achirit. Kupfersmaragd. H_2CuSiO_4.

Hexagonal, rhomboedrisch-tetartoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}5342$ (Breithaupt). — ✕✕ aufgewachsen, gewöhnlich klein, zu Drusen vereinigt, mit säuligem Habitus. $m = (11\bar{2}0)\infty P2$, $r = (02\bar{2}1) - 2R$ 95° 26½′; Rhomboeder III Art, wie z. B. $s = (1.15.\bar{16}.7)2R^7/_6$ sind gewöhnlich nur durch Streifung und Knickung auf $(02\bar{2}1) - 2R$ angedeutet. Zw. nach $(10\bar{1}1)R$ sehr selten.

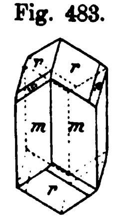


Fig. 483.

\# $(10\bar{1}1)R$ vollk. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 5, G. = 3,3. Glasgl., durchschein. bis durchs. Smaragdgrün ins Schwärzlichgrüne, Str. grün. D.-Br. stark, positiv; schwach pleochroitisch.

50,40 CuO, 38,16 SiO_2, 11,44 H_2O. V. d. L. unschmelzbar, färbt sich aber schwarz. In Salzsäure und Ammoniak unter Abscheidung von Kieselgallert löslich.

Zu selten als Erz. Auf Calcitgängen im Kalkstein am Berge Altyn-Tübe in der mittleren Kirgisensteppe, auf Goldseifen im Gouv. Jenissei und in Transbaikalien; bei Rezbánya in Thon, auf Wulfenit oder Kieselzinkerz sitzend. Congogebiet, Copiapó in Chile, Peru, Arizona.

Chrysokolla (Kieselkupfer, Kieselmalachit, Kupfergrün). $H_2CuSiO_4.H_2O$. Anscheinend amorph, dicht und derb in traubigen, nierigen und stalaktitischen Formen, in Krusten, eingesprengt und als Anflug. Br. muschlig. H. = 2–4, G. = 2–2,2. Schimmernder, fettiger Glasgl. Halbdurchs. bis undurchs. Span- oder smaragdgrün, auch bläulichgrün ins Blaue. Str. grünlichweiss. V. d. L. unschmelzbar, in Salzsäure unter Abscheidung pulveriger SiO_2 löslich. Am Ausgehenden von Kupfererzlagerstätten mit Malachit, Lasur, Ziegelerz, Brauneisen an vielen Orten. Kamsdorf, Kupferberg in Bayern und Kupferberg in Schlesien. Ober-Rochlitz in Böhmen; Herrngrund, Libethen, Rezbánya und Neu-Moldova in Ungarn; Lizard in Cornwall; Bogoslowsk im Ural, Kolywan im Altai, Californien, Mexico, Chile etc. — Malachitkiesel, ein kugliges, krummschalig abgesondertes Kieselkupfer von Lauterberg am Harz.

Kupferblau von lichtblauer Farbe ist durch einen Gehalt an Kohlensäure unterschieden. Turjinsche Gruben am Ural. — Asperolith, in nierigen blaugrünen amorphen Partien, sehr spröd, zerfällt in Wasser, soll $H_2CuSiO_4.2H_2O$ sein. Nischne-Tagilsk. Ebendaher Demidowit, ein amorphes Gemenge von Kieselkupfer und Kupferphosphat; zerbrechlich. H. = 2, G. = 2,25. Schwacher Fettgl., kantendurchschein. Himmelblau ins Grünliche. Haftet an der Zunge. Dünne Ueberzüge auf knolligem Malachit. — Pilarit, ein Al_2Ohaltiges Kieselkupfer aus Chile.

Humitgruppe.

Die ursprünglich als Humit bezeichneten rhombischen XX vom Vesuv und der damit vereinigte Chondrodit von Pargas haben sich als 3 verschiedene Mineralien, nämlich Humit (sogen. 1. Humittypus) rhombisch, Chondrodit (2. Humittypus) monoklin und Klinohumit (3. Humittypus) ebenfalls monoklin, erwiesen, wozu neuerdings noch der seltene monokline Prolektit gekommen ist. Dennoch ähneln sich diese 4 Glieder der Humitgruppe nicht nur physikalisch und nach der Art ihres Vorkommens, sondern auch die geometrischen Verhältnisse stehen einander sehr nahe, derart, dass bei den monoklinen Gliedern die rhombische Symmetrie dadurch erstrebt wird, dass der schiefe Winkel β nicht nachweisbar von 90^0 abweicht; ebenso bestehen merkwürdige, von der chemischen Zusammensetzung abhängige Beziehungen der Axenlängen bei den 4 Mineralien. Nach dem Analysenergebniss sind die Humite eine Verbindung von $Mg(F,OH)_2$ mit einem oder mehreren Molekülen des Olivinsilicats $(Mg,Fe)_2SiO_4$; mit der Zahl der letzteren vervielfachen sich die Axenlängen c

ganz gesetzmässig, während die Axen a und b fast constant bleiben, wie es folgende Tabelle zeigt:

Prolektit. $Mg(F,OH)_2.(Mg,Fe)_2SiO_4$. Monoklin. a : b : c = 1,0803 : 1 : 3.0,6287
Chondrodit. $Mg(F,OH)_2.2(Mg,Fe)_2SiO_4$. Monoklin. = 1,0863 : 1 : 5.0,6289
Humit. $Mg(F,OH)_2.3(Mg,Fe)_2SiO_4$. Rhombisch. = 1,0802 : 1 : 7.0,6291
Klinohumit. $Mg(F,OH)_2,4(Mg,Fe)_2SiO_4$. Monoklin. = 1,0803 : 1 : 9.0,6288

Chondrodit. Monoklin, holoedrisch. $\beta = 90^0$; häufigstes der Humitglieder. Formel s. oben. Kleine flächenreiche XX oder rundliche Körner und körnige Aggregate. ⌗ (001)oP deutlich. Br. muschlig bis uneben. H. = 6—6½, G. = 3,12—3,24. Glasgl. bis Harzgl. Durchs. bis undurchs. Farbe der XX gelblichweiss, citrongelb, honiggelb, hyacinthroth, bräunlich (am Vesuv), auch dunkel granatroth (Brewster), Farbe der Körner und körnigen Aggregate entweder wie die der XX oder auch olivengrün, apfelgrün, grau oder schwarz. — V. d. L. unschmelzbar; von Säuren zersetzt und mit Schwefelsäure Fluorreaction. In den Silicat- wie Kalkauswürflingen der Somma, namentlich aber in körnigen Urkalken, wie bei Pargas in Finland, Åker und Gullsjö in Schweden, zu Geppersdorf bei Strehlen, Boden bei Marienberg in Sachsen, Wunsiedel, Passau, Vogesen, Achmatowsk, mehrorts in New-Jersey und New-York; zuweilen verknüpft mit Erzlagern der archäischen Formation, so zu Kafveltrop bei Nya Kopparberg, Taberg in Wermland, Tilly Foster Mine bei Brewster in New-York. — Geht zuweilen in Serpentin über.

Prolektit. Monoklin, sehr selten. Ko-Grube in Nordmarken.

Humit. Rhombisch, sehr selten, sonst wie Chondrodit. Mit Klinohumit in den Auswürflingen des Mte. Somma und in den Kalken von Los Llanos de Juanar in der Sierra de Ronda, Andalusien.

Klinohumit. Monoklin, wie Chondrodit; häufigste Humitform des Vesuvs (Mte. Somma). Tilly Foster Mine.

Lievrit (Ilvait). $H_2Ca_2Fe_2Fe_2^{III}Si_4O_{18}$. Rhombisch, holoedrisch. XX aufgewachsen, langsäulig bis nadelig mit verticaler Streifung auf den Prismenflächen. M = (110)∞P 112° 38′, P = (101)P$\bar{\infty}$ 112° 49′, o = (111)P (P.-K. = 139° 31′ und 117° 27′, M.-K. = 77° 12′), r = (001)oP, s = (120)∞P$\breve{2}$. Derb, in strahligen, faserigen, seltener körnigen Aggregaten. ⌗ (010)∞P$\breve{\infty}$ und (001)oP deutlich, wenig nach (100)∞P$\bar{\infty}$, (110)∞P und (101)P$\bar{\infty}$. Br. unvollk., muschlig bis uneben. H. = 5½—6, G. = 3,9—4,1. Glasgl., wenn ganz frisch; gewöhnlich halbmetallischer fettiger Gl. Undurchs., nur in sehr dünnen Schliffen bräunlich durchschein. Schwarz ins Grünliche oder Bräunliche, öfters eine dünne ockergelbe Verwitterungsrinde. Str. schwärzlich. Schmilzt v. d. L. leicht zur magnetischen Kugel; wird von Salzsäure zersetzt. In grünen augitischen Schiefern von Rio marina auf Elba, Campiglia in Toscana, Kupferberg in Schlesien, Herbornseelbach in Nassau, Kangerdluarsuk in Grönland.

Harstigit. $H_7(CaMn)_{12}Al_3Si_{10}O_{40}$. Rhombisch. XX säulig mit olivinähnlichem Habitus und herrschenden (010)∞P$\breve{\infty}$, (011)P$\breve{\infty}$, (110)∞P. H. = 5—6, G. = 3,05. Farblos, hoher Glasgl. Harstigsgrube bei Pajsberg.

Ardennit (Dewalquit). $H_{10}Mn_{10}Al_{10}Si_{10}V_2O_{55}$. Rhombisch. Prismatische vertical gestreifte XX mit selten frei ausgebildeten Enden. Dickfaserige und parallel stenglige Aggregate. ⌗ (010)∞P$\breve{\infty}$ vollk., (110)∞P deutlich. Br. kleinmuschlig bis uneben. Sehr spröd. H. = 6—7, G. = 3,6. Fettiger Glasgl. Kolophoniumbraun bis orangegelb, in dünnen Splittern röthlich durchschein. — V. d. L. leicht schmelzbar. Salzsäure unwirksam. Auf einem Quarzgang von Salm-Château in den Ardennen.

Långbanit. $37Mn_5Si_7.10Fe_3Sb_2O_8$. Hexagonal. XX dicksäulig oder tafelig nach (0001)oP. ⌗ (0001)oP deutlich. Br. muschlig. H. = 6½, G. = 4,918. Mgl.

Eisenschwarz. Str. dunkelbraun. Wird v. d. L. nur matt, ohne zu schmelzen. In Salzsäure schwierig löslich. Långbanshyttan in Wermland.

Kentrolith. $Pb_2Mn_2Si_2O_9$. Rhombisch. XX klein, gewöhnlich matt, von (110)∞P, (010)∞P∞ und (111)P begrenzt, zu nicht ganz parallelen Gruppen verwachsen. # (110)∞P deutlich. H. = 5, G. = 6,19. Schwacher halbmetallischer Glasgl.; durchschein. Dunkelrothbraun, oberflächlich wohl schwärzlich. Schmilzt v. d. L. unter Aufschmelzen, giebt mit Soda auf Kohle ein Bleikorn; wird von Salzsäure unter Chlorentwicklung zersetzt. Eingewachsen in Gangquarz aus Chile.

Melanotekit. $Pb_2Fe_2Si_2O_9$. Nur derb mit flachmuschligem Br. H. = 6—7, G. = 5,73. Mgl. bis Fettgl. Im Dünnschliff durchschein. und pleochroitisch. Schwarz bis schwärzlichgrau, bläulich anlaufend. Schmilzt v. d. L. zur schwarzen Kugel und giebt mit Soda ein Bleikorn. Von Säuren zersetzt. Mit gelbem Granat gemengt von Långban in Wermland. — Hyalotekit, ebenfalls ein Bleisilicat von Långban findet sich in derben, spröden, nach 2 Richtungen spaltenden feldspathähnlichen Massen. Weiss bis perlgrau, glas- bis fettglänzend. H. = 5—6, G. = 3,81. Schmilzt v. d. L. leicht zur klaren Perle; von Säuren nicht zersetzt.

Barysilit. $Pb_3Si_2O_7$. Hexagonal. XX krummblätterig. # (0001)oP deutlich. H. = 3, G. = 6,55. Perlmgl. Silberweiss, oberflächlich anlaufend. Schmilzt schon an der Kerzenflamme, decrepitirt v. d. L. Von Säuren zersetzt. Harstigsgrube bei Pajsberg in Wermland.

Ganomalith. $(CaMn)_2Pb_3Si_3O_{11}$. Tetragonal. XX langsäulig, gewöhnlich Körner oder derbe Massen, die gewissen Varietäten körnigen Tephroits zum Verwechseln ähnlich sind. # (110)∞P und (001)oP deutlich. Br. uneben. Sehr spröd. H. = 3—4, G. = 5,74. Starker Fett- bis Glasgl. Farblos und durchs., an der Luft matt und weisslich werdend. Schmilzt schon an der Kerzenflamme, in Salpetersäure löslich. Långban und Jacobsberg.

Baryllith. $Ba_4Al_4Si_7O_{24}$. Rhombisch (?). Derbe Aggregate. H. = 7, G. = 4,03. Fettgl., halbdurchs.; farblos. V. d. L. unschmelzbar, Säuren unwirksam. Långban in Wermland.

Kieselwismuthgruppe.

Dimorph, regulär und monoklin.

Eulytin (Kieselwismuth. Wismuthblende). $Bi_4Si_3O_{12}$. Regulär tetraedrisch-hemiedrisch. XX stets aufgewachsen, klein, an den Kanten und Ecken gerundet. (211)2O2, seltener in Combination (211)2O2, (111)O, (100)∞O∞. Ergänzungszwillinge nach (100)∞O∞. Kuglige Gruppen. Br. muschlig. H. = 5—6, G. = 6,1. Fettiger Diamantgl., durchschein. bis undurchs. Nelken- bis röthlichbraun ins Graue, weissgelb, selten schwarz. Str. gelblichgrau. Zinkblendeähnlich. V. d. L. leicht schmelzbar; von Säuren leicht zersetzt. Selten. Schneeberg und Johann-Georgenstadt in S achsen.

Agricolit. $Bi_4Si_3O_{12}$. Monoklin. In weingelben bis ölgrünen, zuweilen braunen und farblosen, glänzenden oder matten Kugeln mit radialer Structur. Schneeberg und Johann-Georgenstadt.

Bismutoferrit (Grüne Eisenerde). $Bi_2Fe_4Si_4O_{17}$. Mikro- und kryptokrystallin in dichten und erdigen Aggregaten. Br. erdig. H. = 3½, G. = 4,48. Schimmernd oder matt, undurchs. bis kantendurchschein. Zeisig- bis olivengrün, Str. heller grün. Auf Erzgängen und öfters mit Hornstein gemengt zu Schneeberg in Sachsen. — Wechselnde Mengen Hornstein mit Bismutoferrit, aber auch mit Antimonverbindungen sind als Hypochlorit bezeichnet worden.

Melanoceritgruppe.

Sehr seltene Mineralien, hexagonal krystallisirend, deren chemische Zusammensetzung und Stellung im System noch ungenügend bekannt sind. Ausgezeichnet durch Gehalt an Bor bezw. Fluor und an seltenen Erden, wie Y, Ce, La, Di, Th, sowie durch gleichartiges geologisches Vorkommen in den Augitsyeniten des südlichen Norwegens.

Cappelinit. Silicat von Ba, B und Y. Hexagonal. Dicksäulige XX mit $(10\bar{1}0)\infty P$, $(10\bar{1}3)^1/_3P$, $(10\bar{1}1)P$, $(0001)oP$. Br. muschlig. H. = $6^1/_2$, G. = 4,4. Fettiger Glasgl. Durchschein. bis halbdurchs. Grünlichbraun. In einem Syenitgang von Klein-Arö im Langesundfjord.

Melanocerit; ein Ta_2O_5-, P_2O_5-, CO_2-, B_2O_3-, F-, ZrO_2-haltiges Silicat von Ce, Di, La, Y, Ca. Rhomboedrisch. Nach (0001)oR tafelige XX mit rhomboedrischem Habitus. Br. muschlig. H. = 5—6, G. = 4,129. Fettiger Glasgl. Braunschwarz bis schwarz, im Dünnschliff hellgelb durchs. Str. hellbraun. Syenitgänge von Kjeö im Langesundfjord. — Nahe damit verwandt ist Steenstrupin von Kangerdluarsuk in Grönland.

Karyocerit, qualitative Zusammensetzung ähnlich wie beim Melanocerit, aber quantitativ, namentlich durch höheren Th-Gehalt, verschieden. Rhomboedrisch, XX tafelig nach der Basis. Sehr spröde. H. = 5—6, G. = 4,286—4,305. Nussbraun, harzähnlich. Optisch isotrop in Folge von Umlagerung. Angeblich von den Arö-Scheeren stammend.

Tritomit. Silicat mit Thorat von Ce, La, Di, Y, Al, B, Ca, F. Br. muschlig, sehr spröd. H. = $5^1/_2$, G. = 4,16—4,66. Glasgl., kantendurchschein. bis undurchs. Dunkelbraun, Str. gelblichbraun. Mit Mosandrit und Leukophan im Syenit von Lamö bei Brevig.

Helvingruppe.

Helvin. $(MnBeFe)_7Si_3O_{12}S$. Regulär, tetraedrisch-hemiedrisch. XX klein, ein- und aufgewachsen mit tetraedrischem Habitus. (111)O, $(\bar{1}\bar{1}1)$—O, (211)2O2, $(110)\infty O$, $(100)\infty O\infty$. Bei Miask grosse kuglige Aggregate. ♯ (111)O wenig. Br. uneben, spröd. H. = $6—6^1/_2$, G. = 3,1—3,3. Fettiger Glasgl., kantendurchschein. Honiggelb ins Gelblichgrüne und Braune, selten gelblichroth. Str. weiss. Schmilzt unter Aufblähen zu einer unklaren Perle; mit Salzsäure entwickelt sich H_2S. Auf mit Granat vergesellschafteten Kies- und Blendelagern von Schwarzenberg und Breitenbrunn in Sachsen, auf den Erzgängen von Kapnik, auf den Syenitpegmatitgängen Norwegens; Lupiko in Finland; Miask; Amelia Co. in Virginien. — Achtaragdit bildet bis 2 cm grosse Pseudomorphosen der Form (211)2O2, die aus einem Gemenge von Grossular- und Quarzkörnern mit einer faserigen und einer steatitartigen Substanz bestehen; vielleicht nach Helvin. Einmündung der Achtaragda in den Wilui in Ost-Sibirien.

Danalith $(FeBeZn)_7Si_3O_{12}S$. Regulär, holoedrisch. XX selten (111)O und $(110)\infty O$, gewöhnlich derb und eingesprengt. Keine deutliche ♯. Br. unvollk. muschlig bis uneben; spröd. H. = $5^1/_2—6$, G. = 3,427. Harzähnlicher Glasgl., durchschein. Fleischroth bis grau. Schmilzt v. d. L. an den Kanten leicht; mit Soda auf Kohle Zinkbeschlag; mit Säuren H_2S-Entwicklung. Im Granit zu Cape Ann bei Rockport und Gloucester, Mass. Auf der Magneteisengrube von Bartlett in New-Hampshire.

Augit-Hornblendegruppe.
(Pyroxen-Amphibolgruppe.)

Zu den zahlreichen Gliedern der Augitreihe giebt es meist auch chemisch gleiche oder doch sehr ähnlich zusammengesetzte Glieder der Hornblendereihe, sodass die Augit- und Hornblendesubstanz zu einander im Verhältniss der Dimorphie stehen. Die chemische Gleichheit prägt sich auch darin aus, dass geschmolzene Hornblenden mit den Eigenschaften und Formen des Augits erstarren, während umgekehrt bei der Verwitterung sehr oft Paramorphosen von Hornblende (sogen. Uralit) aus den Augitkrystallen hervorgehen. Diese Dimorphie wird am wahrscheinlichsten erklärt aus der Annahme ungleicher Grösse der beiderseitigen Molekel, d. h. durch Polymerie. (Weitere Ausführung s. unten.)

Die Unterschiede zwischen Augiten und Hornblenden sind somit morphologischer und physikalischer Natur, als deren auffälligster hervorzuheben ist, dass alle Augite ein Spaltungsprisma von ca. $87\frac{1}{2}°$, alle Hornblenden ein solches von ca. $124\frac{1}{2}°$ besitzen.

In chemischer Hinsicht stellen Augite und Hornblenden isomorphe Mischungen mehrerer neutraler Metasilicate dar, theils der Bisilicate $MgSiO_3$, $CaSiO_3$, $FeSiO_3$ bezw. auch $MnSiO_3$ unter sich, theils Mischungen dieser Bisilicate mit davon verschiedenatomigen, thonerdehaltigen Verbindungen $MgAl_2SiO_6$ und $Na_2Al_2SiO_6$. Die Thonerde der letzteren Substanzen kann auch wohl ganz oder theilweise durch Fe_2O_3 ersetzt werden; für SiO_2 tritt zuweilen etwas TiO_2 und ZrO_2 ein. Demzufolge lassen sich thonerdefreie und thonerdehaltige Augite wie Hornblenden unterscheiden, wie man auch von alkalihaltigen, von zirkon- und titanhaltigen Gliedern und anderen spricht.

In morphologischer Hinsicht herrschen trotz charakteristischer Unterschiede doch auch grosse und auffällige Analogien; die Krystallflächen der Augite und Hornblenden gestatten eine wechselseitige Beziehung auf die Axen des anderen Minerals, beispielsweise erhält das Spaltungsprisma der Hornblende $(110)\infty P$, bezogen auf die Axen des Augits, das Zeichen $(210)\infty P\bar{2}$ und bei einer Verdoppelung der Axenlängen der Hornblende werden deren Axen a und c denen des Augits nahezu gleich, während die Queraxe b der Hornblende die doppelte Länge derjenigen des Augits erhält. Dies im Verein mit dem noch wichtigeren Umstande, wonach die MgCa-haltigen Augite in der Formel $MgCaSi_2O_6$ ihren quantitativen Ausdruck erhalten, während die Formel für die entsprechenden Hornblenden $Mg_3CaSi_4O_{12}$ ist, hat Veranlassung gegeben, die Molekel der Hornblende als doppelt so gross wie die des Augits anzusehen und die bestehenden Unterschiede, wie oben erwähnt, als solche der Polymerie zu deuten. — Enge morphologische Beziehungen äussern sich auch darin, dass Parallelverwachsungen von Augit und Hornblende statthaben, so zwar, dass z. B. an den XX vom Vesuv nicht nur die Axen parallel, sondern auch die Flächen $s = (\bar{1}11)P$ des Augits mit Flächen $z = (021)2P\breve{\infty}$ der Hornblende zusammenfallen.

Eine sonstige gemeinsame Eigenthümlichkeit der Augite und Hornblenden besteht darin, dass ihre Substanz unter Beibehaltung ihrer charakteristischen physikalischen und morphologischen Eigenschaften in 3 verschiedenen Systemen krystallisiren kann. Es giebt rhombische, monokline und trikline Augite und Hornblenden, die in ihrer Zusammensetzung einander entsprechen. Abgesehen von der ungleichen Symmetrie und den davon abhängigen Eigenschaften, wie gerade und schiefe Auslöschung, sind aber die Augite und Hornblenden, gleichviel ob sie rhombisch, monoklin oder triklin sind, sich hinsichtlich ihrer Formentwicklung und ihrer correspondirenden Winkel überaus ähnlich.

1. Augit-(Pyroxen-)Reihe.

(110)∞P ca. 87½°, wonach bald vollk., häufiger wenig vollk. #. G. im Allgemeinen höher als das der gleich zusammengesetzten Hornblenden. Geringer Pleochroismus, nur bei den basaltischen Augiten und dem Hypersthen mehr oder minder deutlich wahrzunehmen.

a) Rhombische Augite.

Isomorphe Mischung von $MgSiO_3$ mit 40 MgO, 60 SiO_2 und $FeSiO_3$ mit 54,4 FeO, 45,6 SiO_2, dazu öfters, aber untergeordnet noch etwas Al_2O_3. Die rhombischen Augite gehören demnach zu den thonerdefreien Augiten. # (110)∞P ziemlich vollk., nach (100)∞P$\bar{\infty}$ unvollk., letztere aber öfters durch eine wie vollk. # erscheinende schalige Zusammensetzung ersetzt. Häufig charakteristische Faserstructur der Spaltflächen. Gerade Auslöschung, sonst optische Verhältnisse mit steigendem FeO-Gehalt veränderlich. Optische A-E = (100)∞P$\bar{\infty}$. Mikroskopisch häufig eine feine Zwillingslamellirung und eine lamellare Verwachsung mit Diallag, beides parallel (100)∞P$\bar{\infty}$ wahrnehmbar. Der Uebereinstimmung mit den monoklinen Augiten wegen werden die rhombischen Augite mit dem spitzen Prismenwinkel nach vorn gestellt, daher können hier die Ausdrücke makro- und brachydiagonal zu Irrthümern Veranlassung geben.

Nach dem Mischungsverhältniss unterscheidet man ohne scharfe Grenze:

Enstatit. $MgSiO_3$.

Rhombisch, holoedrisch. *a* : *b* : *c* = *1,0308* : *1* : *0,5885* (Groth). — Zumeist in derben Stücken und körnigen Aggregaten, XX mit deutlicher Flächenbegrenzung selten; die bis halbmetergrossen, prismatischen und ringsum ausgebildeten XX aus den Apatitgängen von Bamle und Norwegen gestatten nur annähernde Messung. *m* = *(110)*∞*P* (ca. 88°), *a* = *(100)*∞*P*$\bar{\infty}$, *b* = *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$, *k* = *(012)*½*P*$\breve{\infty}$, *q* = *(023)*⅔*P*$\breve{\infty}$.

(110)∞*P* vollk., *(100)*∞*P*$\bar{\infty}$ meist undeutlich, aber an angewitterten XX vielfach vollk. abgesondert. Spröde. H. = 5½, G. = 3,1—3,3. Durchschein. bis undurchs. Auf Spalt- bezw. Absonderungsflächen Perlmgl. Grauweiss, gelblich, grünlich und leicht bräunlich, auch dunkelgrün. D.-Br. positiv, 1 M-L = c, A-E = *(100)*∞*P*$\bar{\infty}$; schwach pleochroitisch.

Im Wesentlichen Mg-Bisilicat mit untergeordneter Beimischung von Fe-Bisilicat (höchstens 5 FeO). — In Säuren unlöslich, selbst von Flusssäure schwer angegriffen. V. d. L. kaum an den Kanten schmelzbar.

Stets eingewachsen. Charakteristischer Bestandtheil der norwegischen Apatitgänge neben Apatit und Phlogopit, z. B. von Kjörrestad und Oedegaard in Bamle; kleine Prismen ohne Endflächen im Pseudophit von Aloisthal in Mähren, sonst in sehr kleinen, aber ringsum ausgebildeten XX *accessorisch in manchen Porphyriten, Melaphyren, Andesiten. Wesentlicher Gemengtheil einiger Gabbros, Norite und Peridotite, sowie im Lherzolith und in den daraus hervorgegangenen Serpentingesteinen. Als reines* $MgSiO_3$ *(Shepardit, Chladnit) im Meteorit von Bishopville in Süd-Carolina.*

Wandelt sich leicht in einen specksteinartigen Talk, der die grossen XX von Bamle umrindet, auch in Bastit und Serpentin um.

Bronzit. (MgFe)SiO_3.

Rhombisch, holoedrisch. Axenelemente wie beim Enstatit. — Messbare XX nur im Meteorit von Breitenbach. $m = (110)\infty P$ 88° 16′, $p = (101)P\bar{\infty}$ 148° 8′ oben. Derb, in körnigen Aggregaten.

(110)∞P deutlich, nach *(100)∞P$\bar{\infty}$* vollk. in Folge schaliger Absonderung; letztere Spaltfläche schillert oft bronzefarbig, ist faserig und nicht selten geknickt, häufiger noch wellig gebogen als Folge wiederholter, durch Druck hervorgerufener Zwillingsbildung nach *(104)* $^1/_4 P\bar{\infty}$. H. = 5 ½, angewittert wesentlich weicher. G. = 3,2—3,5. Durchschein. bis undurchs. Häufig seidenartiger metallischer Gl. Farben etwas dunkler als beim Enstatit, in verschiedenen Tönen braun und grün. A-E = *(100)∞P$\bar{\infty}$*; mit weniger als 10 FeO ist der A-W < 90, D.-Br. positiv und 1 M-L = c, darüber, was zumeist der Fall ist, A-W > 90, D.-Br. negativ und 1 M-L = b. Schwach pleochroitisch.

Isomorphe Mischungen von $MgSiO_3$ und $FeSiO_3$ mit vorherrschendem Magnesiasilicat; FeO 5—15%. — V. d. L. schwer schmelzbar, Säuren, abgesehen von Flusssäure, ganz unwirksam.

Stets eingewachsen. Wesentlicher Gemengtheil der Gabbros und Norite, auch in Peridotiten, sowie in den daraus hervorgegangenen Serpentinen, ferner in den Olivinfelseinschlüssen der Basalte und in Meteoriten. Kupferberg im Fichtelgebirge, Kraubat in Steiermark, Ultenthal in Tirol etc.

Br. ist der Umwandlung zu Steatit (Phästin von Kupferberg) und Serpentin sehr unterworfen. An der Baste bei Harzburg geht durch Wasseraufnahme aus ihm (der hier ursprünglich als Protobastit bezeichnet wurde und dadurch ausgezeichnet ist, dass seine optische A-E = (010)∞P$\breve{\infty}$, seine negative M-L = a ist) der wie Messing glänzende Diaklasit und danach der ähnliche, aber leichtere und weniger harte Bastit (Schillerspath) hervor. Letzterer bildet mit dem umschliessenden Serpentin den sogen. Schillerfels der Baste, findet sich auch in den Melaphyren von Ilfeld und bei Todtmoos im Schwarzwald.

Hypersthen. (FeMg)SiO_3.

Rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 1,0295:1:0,5868$ (Groth). — Kleine XX (sogen. Amblystegit) in Auswürflingen des Laacher Sees, in Trachyten des Mt. Dore, am Aranyerberg in Ungarn (sogen. Szabóit), in den Aschen des Krakatau etc. Grosse undeutlich begrenzte XX bei Bodenmais neben Magnetkies. $m = (110)\infty P$ 88° 20′. Zumeist nur derb in körnig blätterigen Aggregaten und Spaltstücken.

(110)∞P wenig auffällig, nach *(100)∞P$\bar{\infty}$* vollk. in Folge lamellarer Absonderung. Spröde. H. = 6, bei Verwitterung weicher, G. = 3,3—3,5. Undurchs., Glasgl., häufig metallischer, z. Th. kupferrother Schiller auf *(100)∞P$\bar{\infty}$*, wahrscheinlich als Folge der zahlreich eingelagerten tafel-

förmigen Mikrolithe (Titaneisen?). Pechschwarz, schwarzbraun und schwarzgrün. Optische Verhältnisse wie bei den Fe-reichen Bronziten. Stark pleochroitisch.

Chem. Zus. wie Bronzit, aber mit vorwaltendem Eisensilicat. 15—34 FeO, 11—22 MgO, daneben stets noch Al_2O_3 und Fe_2O_3, auch CaO und MnO. — Von Säuren kaum angegriffen; v. d. L. mehr oder weniger schwer zu magnetischem Glase schmelzbar.

Zumeist eingewachsen. Als Gemengtheil der Hypersthengabbros und Norite, typisch das Vorkommen von der Paulsinsel an der Küste Labrador; sonst accessorisch in vielen Gabbros und basischen Ergussgesteinen. Gelegentlich auch in kleinen, wohl ausgebildeten XX *aufgewachsen auf Poren und Klüften von Andesiten und Trachyten, wie am Aranyer Berg in Siebenbürgen, am Mont Dore, vom Demavend in Persien etc.*

Aehnliche Mineralien: Diallag, mit dem Hypersthen auch vielfach in Parallelverwachsung vorkommt.

b) Monokline Augite.

Es lassen sich ohne scharfe Grenze Al_2O_3-freie resp. -arme und Al_2O_3-haltige Augite unterscheiden. Zu den ersteren gehören Wollastonit, Diopsid, Hedenbergit und Diallag z. Th., zu den letzteren der gemeine Augit. Ausserdem giebt es alkalihaltige und ferner Zirkon-, sowie Titan-Augite, jedoch von geringer Verbreitung. Das Verhalten im polarisirten Licht ist bei den verschiedenen Gliedern nicht ganz übereinstimmend; gewöhnlich liegen die optischen Axen in der Symmetrieebene und die Mittellinien sind gegen die Verticalaxe stark (39—54°) geneigt, d. h. die schiefe Auslöschung ist beträchtlich. Der Winkel der optischen Axen ist veränderlich, vielfach mit steigendem Eisengehalt zunehmend. Pleochroismus durchweg schwach. Nach dem Vorgang von Tschermak und Groth wird die Uebereinstimmung mit dem rhombischen Augit halber auch für die monoklinen Augite ein annähernd rechtwinkliges Axensystem gewählt; sonst ist wohl mit Naumann ein Axensystem im Gebrauch mit β = ca. 106°, das die Analogie der Flächensymbole mit den Hornblenden hervortreten lässt und das wir auch hier mit Ausnahme des Wollastonit annehmen.

Wollastonit. Tafelspath. $CaSiO_3$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 1{,}0523 : 1 : 0{,}9649$. $\beta = 95^0\ 25'$. (Grosser). — XX selten, eingewachsen; meist tafelig nach $(100)\infty P\bar{\infty}$ und nach der Queraxe gestreckt. $(110)\infty P$ mit 87° 20′. Zw. nach $(100)\infty P\bar{\infty}$, nicht selten. — Derb, in breitstrahligen, schaligen, körnigen und faserigen bezw. federfaserigen Aggregaten, auch asbestartig, von welch' letzteren das Vorkommen Noursoak fälschlich als asbestartiger Okenit bezeichnet wurde.

nach mehreren, der Orthoaxe parallelen Flächen vollk., namentlich nach $(100)\infty P\bar{\infty}$ und $(101)P\bar{\infty}$. H. = 4½—5, G. = 2,8—2,9. Glasgl., auf den Spaltflächen wohl perlmutterartig. Durchschein. Weiss, gelblich, röthlich. Optisch negativ. A-E = $(010)\infty P\breve{\infty}$.

51,75 SiO_2. — V. d. L. schwer schmelzbar, von Säuren zersetzt.

Contactmineral in den körnigen Kalken von Auerbach an der Bergstrasse, Cziklowa im Banat, Aedelfors in Småland (Aedelforsit z. Th.), von Pargas in Finland, aus New-York, in den Auswürflingen von der Somma, Capo di Bove bei Rom, in neueren Santorinlaven. Gelegentlich in krystallinischen Schiefern, aber nur ausnahmsweise in Eruptivgesteinen.

Anm. Wollastonit zeigt nach Dichte, Spaltbarkeit, chemischem Verhalten und Axenschiefe wesentliche Abweichungen von den monoklinen Augiten, sodass er von manchen Autoren nicht zur Augitgruppe gerechnet wird.

Pektolith $(CaNa_2)SiO_3$, ein Na-haltiger Wollastonit, der wahrscheinlich nur durch Verwitterung 2—5% H_2O aufgenommen und dadurch abweichende optische Eigenschaften erlangt hat. Habitus und Vorkommen zeolithähnlich. Monzoni, Bergen Hill in New-Jersey; mehrorts in Schottland, wo bei Ballantrae in Ayrshire fast 1 cm lange Fasern, bei Kilsyth sternförmig gruppirte Nadeln (sogen. Stellit) vorkommen, noch grössere Kugeln von Paterson in New-Jersey. — Etwas mehr H_2O enthält Walkerit aus einem Diabas von Edinburg. Osmelith ist der Pektolith von Wolfstein in Bayern genannt.

Diopsid. $CaMgSi_2O_6$.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 1{,}0921:1:0{,}5893$. $\beta = 105^0\,50'$ (vom Rath, an gelben XX vom Vesuv). — XX säulenförmig; charakteristisch das Vorherrschen der verticalgestreiften Quer- und Längsfläche bei zurücktretenden Prismenflächen; die Enden vielfach nicht frei ausgebildet. $r = (100)\infty P\bar{\infty}$, $l = (010)\infty P\breve{\infty}$, $M = (110)\infty P$ $87^0\,5'$, $f = (310)\infty P\bar{3}$, $o = (\bar{2}21)2P$ $95^0\,48'$, $s = (\bar{1}11)P$ $120^0\,48'$, $u = (111)-P$, $t = (001)0P$. $t^{\vee}r = 106^0\,1'$. Zw. nach $(100)\infty P\bar{\infty}$, oft mit lamellarer Wiederholung, wodurch eine blätterige Absonderung entsteht, in gleicher Weise auch nach $(001)0P$. — Derb, in individualisirten Stücken und in breitstengligen, schaligen und körnigen Aggregaten.

Fig. 484[1]).

\# $(110)\infty P$ deutlich, nach $(100)\infty P\bar{\infty}$ öfters blätterige Absonderung; spröde. H. = 5—6, G. = 3,3. Glasgl., durchs. bis durchschein. Farblos, grau, gelb, am häufigsten licht- bis flaschengrün; wenn mehr FeO zugegen, auch dunkler grün; derselbe XX oft verschieden gefärbt. Schwach pleochroitisch. A-E = $(010)\infty P\breve{\infty}$, + M-L fällt in den stumpfen Winkel β und bildet mit der Verticalaxe einen Winkel von etwa 40^0, der sich aber mit dem FeO-Gehalt ändert.

25,9 CaO, 18,5 MgO, 55,6 SiO_2; öfters etwas MgO durch FeO (bis 5%) ersetzt; in geringer Menge zuweilen Al_2O_3. — V. d. L. schwer schmelzbar, von Säuren nicht angegriffen.

Vorkommen auf Klüften und als Gemengtheil krystalliner Schiefer, auch eingewachsen in körnigen Kalken. Ferner als Gemengtheil archäischer Magnetitlagerstätten und als Contactmineral neben Kalkspath,

---

[1]) Die Figur ist von der Rückseite, bezw. auf dem Kopf stehend, gezeichnet.

Vesuvian, Granat, Magnetit etc. Häufig auch als wesentlicher wie als accessorischer Gemengtheil von Eruptivgesteinen jeglicher Art.

Im Einzelnen werden unterschieden:

1. Diopsid im engeren Sinn: die auf Klüften von Silicatgesteinen aufgewachsenen XX und anhaftenden derben, meist blätterigen Massen. Die XX sind oft schön ausgebildet, längs gestreift, farblos, weiss, gelblich, namentlich licht-, auch dunkler grün gefärbt. Auf Klüften eines in Serpentin eingeschalteten Granatfelses der Testa Ciarva (Mussa-Alp) im Alathal neben Klinochlor und Hessonit; mit Chlorit bedeckt von der Schwarzenstein-Alp im Zillerthal; auf Klüften von Chloritschiefer der Achmatowsk'schen Gruben bei Slatoust im Ural etc.

2. Salit (Malakolith): eingewachsen, meist in strahligen oder schaligen Aggregaten (glasiger Strahlstein, Augitstrahlstein), seltener in XX (Baikalit); gewöhnlich hellfarbig, berggrün, auch gelb, braun und röthlich, selten weiss. In krystallinen Schiefern und den in ihnen auftretenden Magnetitlagerstätten und im Skarn (s. S. 387), sowie als Gemengtheil von Eruptivgesteinen, so in Graniten, Syeniten und Dioriten, wo er öfters rundum ausgebildet ist. Sala, Arendal, Schwarzenberg in Sachsen, Gefrees im Fichtelgebirge. — Pikrophyll ist verwitterter Salit von Sala.

3. Kokkolith: Contactmineral. Eigenthümlich gerundet-körnige, derbe Aggregate von grünlicher bis rabenschwarzer Farbe, zuweilen auch sehr hellfarbig; enthält durchweg viel FeO. Mit körnigem Kolophonit verwachsen von Arendal. —

Chromdiopsid, smaragdgrüne Körner im Olivinfels und in Olivinbomben, schliesst sich durch seinen grösseren Gehalt an Al_2O_3 (ca. 7%) neben Cr_2O_3 schon den eigentlichen Augiten bezw. dem Diallag an:

Violan, ein Na-haltiger Diopsid, auch etwas MnO und Al_2O_3, fast nur in undeutlich stengligen und blätterigen Aggregaten von dunkelvioletter Farbe; mit Piemontit und Tremolit verwachsen von St. Marcel in Piemont.

Hedenbergit. $CaFeSi_2O_6$. $\beta = $ ca. $105\frac{1}{2}°$.

Derb, schwarz bis schwärzlichgrün, nach (110)∞P 87° 5′ deutlich #. G. = 3,47. 22,6 CaO, 29 FeO, 48,4 SiO_2. Im körnigen Kalk der Magnetitlagerstätte von Tunaberg. — Schefferit, in braunen Körnern von Långbanshyttan, ist ein Mg- und Mn-reicher Hedenbergit. — Jeffersonit ist ein an MnO (ca. 10%) und ZnO (ca. 4—10%) reicher Hedenbergit, dunkelgrüne bis braunschwarze, nach (110)∞P und (100)$\infty P\bar{\infty}$ spaltende Körner.

Diallag.

Als Diallag, dem chemisch keine Selbständigkeit zukommt und dessen Abtrennung vom Diopsid bezw. gemeinem Augit sich nur physikalisch und geologisch begründen lässt, bezeichnet man theils Al_2O_3-freie, theils Al_2O_3-haltige Augite, die durch eine auffällige Blätterigkeit nach der Querfläche, sowie durch feine Zwillingslamellirung ausgezeichnet sind und den charakteristischen Gemengtheil gewisser alter Eruptivgesteine, der Gabbros und ihrer Abarten, bilden. Frei ausgebildete XX sehr selten (Wildschönau in Tirol); fast stets derb und eingewachsen in breitblätterigen Stücken und Körnern mit ausgezeichneter # (feinschaliger Zusammensetzung) nach *(100)*$\infty P\bar{\infty}$.

nach *(110)*∞P (ca. 87°) mehr oder weniger deutlich; nach

$(100)\infty P\bar{\infty}$, öfters auch nach $(001)oP$ vollk. Absonderung, wohl als Folge lamellarer Zwillingsbildung. H. = 4, G. = 3,23–3,34. Trüb und undurchs. Die Spaltfläche $(100)\infty P\bar{\infty}$ zeigt gewöhnliche faserige Structur, seidenartigen Perlmgl. und kann in Folge massenhaft eingelagerter, dunkelbrauner lamellarer Mikrolithe wohl metallisch schimmern. Graugrün, braungrün bis braunschwarz. Auf $(100)\infty P\bar{\infty}$ wird zum Unterschied von dem ähnlichen Bronzit, der beide optische Axen erkennen lässt, nur eine optische Axe sichtbar, die fast senkrecht zu $(100)oP$ austritt; sonstiges optisches Verhalten wie beim Diopsid. Neigung der M-L gegen die Verticalaxe 39–46°. Im Dünnschliff bräunlich oder hellgrün durchsichtig.

Chem. Zus. gleich einem Fe-reichen (10—14%) Diopsid, fast regelmässig mit etwas Al_2O_3 (1—4%, selten mehr); nur seiner Blätterigkeit verdankt er die Selbständigkeit, sonst würde er theils zum Diopsid, theils (die Al_2O_3-reicheren Diallage) zum gem. Augit zu stellen sein. — V. d. L. mehr oder minder leicht zu grünem Glase schmelzbar; gewöhnliche Säuren sind unwirksam.

Wesentlicher Gemengtheil der Gabbros, z. B. von Harzburg, von Volpersdorf und Neurode in Schlesien und allen sonstigen Fundorten, ferner in Peridotiten, Pyroxeniten und manchen Serpentinen; accessorisch in vielen basischen Eruptivgesteinen.

Oefters mit Hornblende verwachsen, in welche Diallag durch Umwandlung gar nicht selten übergeht, wie z. B. in den Skapolith-Hornblendefelsen Norwegens. — Pyrosklerit von Porto Ferrajo auf Elba ist ein zersetzter Diallag. — Dunkel gefärbte Diallage können leicht mit Bronzit und Hypersthen verwechselt werden, sind aber durch ihre schiefe Auslöschung sofort zu unterscheiden; auch Verwechslung mit Hornblende ist möglich.

Augit (Pyroxen) im engern Sinn.

Dahin werden alle Kalkmagnesia-Augite mit stetem und wesentlichem Gehalt an Thonerde gestellt. — Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 1{,}092:1:0{,}589$. $\beta = 105^\circ\ 50'$ (vom Rath). — XX ein- und aufgewachsen, auch lose, gewöhnlich kurzsäulig, mit vorherrschendem Prisma und achtseitigem Umriss durch $M = (110)\infty P$ 87° 6′, $r = (100)\infty P\bar{\infty}$, $l = (010)\infty P\breve{\infty}$; als Endbegrenzung: $s = (\bar{1}11)P$, ferner $n = (\bar{1}02)\,{}^1\!/\!_2 P\bar{\infty}$ (öfters gerundet), $P = (001)oP$, am flächenreicheren Fassait manche andere Formen wie $o = (\bar{2}21)2P$, $u = (111)-P$, $z = (021)2P\breve{\infty}$. Zw. nach $(100)\infty P\bar{\infty}$, namentlich beim basaltischen Augit (Fig. 488), vielfach als lamellare Einlagerung; selten andere Gesetze, wie in Lamellen nach $(001)oP$ und in Durchkreuzung nach $(101)-P\bar{\infty}$. — Derb und eingesprengt, in einzelnen Körnern und körnigen Aggregaten.

$(110)\infty P$ mehr oder weniger deutlich, treppenartig absetzend. Br. muschlig bis uneben, spröd. H. = 6, G. = 3,3–3,5. Durchschein.,

meist undurchs.; im Dünnschliff braun oder grün durchs. Lauchgrün, gewöhnlich pechschwarz und grünlichschwarz. Str. graugrün. Pleochroismus schwach, aber im basaltischen Augit deutlich wahrnehmbar. A-E = *(010)*∞*P*∞̀, halbirt also zum Unterschiede von Hornblende den spitzen

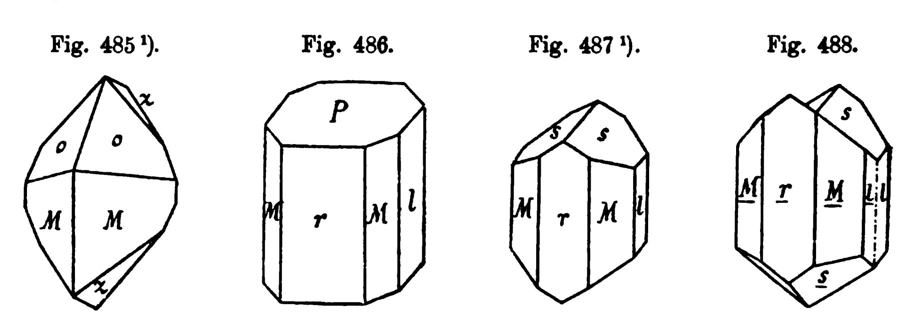


Fig. 485 [1]). Fig. 486. Fig. 487 [1]). Fig. 488.

Prismenwinkel, Charakter der D.-Br. variabel, gewöhnlich positiv, bei den grün durchs., Na_2-haltigen jüngeren Augiten (neben Leucit und Nephelin vorkommend) negativ; bei den ersteren M-L gegen die Verticalaxe ca. 39, bei den letzteren ca. 54° geneigt. Demnach der Winkel der schiefen Auslöschung zwischen 39°—54° schwankend.

Isomorphe Mischung von $MgCaSi_2O_6$ und $MgAl_2SiO_6$ mit ca. 4—9 Al_2O_3. Ein Theil MgO wird regelmässig durch FeO (bis 10% und darüber), selten durch Na_2O ersetzt und Al_2O_3 kann theilweise durch Fe_2O_3 vertreten werden. — V. d. L. zu schwarzem, oft magnetischem Glase schmelzbar. Von Säuren nur schwach angegriffen.

Weit verbreitet. Als wesentlicher Gemengtheil in vielen, accessorisch in allen Eruptivgesteinen: Diabas, Melaphyr, Augitporphyrit, Basalt etc., in Tuffen und Aschen, in gewissen krystallinen Schiefern, als Contactmineral; in Meteoriten. Häufiges Hüttenproduct.

Im Einzelnen werden unterschieden:

1. Fassait (Pyrgom., Grüner Augit z. Th.). Fig. 485. Contactmineral, dem Diopsid ähnlich, aber anderer Habitus, in Klüften aufgewachsen. Flächenreich. Starker Glasgl., lauchgrün bis dunkelgrün. Deutlicher Pleochroismus. Fassathal, Traversella, Vesuv.

2. Gemeiner Augit (Fig. 486). Dunkelgrün bis rabenschwarz in Folge höheren Eisengehalts; vorzugsweise mit brauner Farbe in basischen, mit grüner Farbe in sauren Eruptivgesteinen durchsichtig. # unvollk., treppenartig, aber deutlich wahrnehmbar. Gewöhnlich nur eingewachsen und vollkommen ausgebildet als wesentlicher Gemengtheil älterer basischer Eruptivgesteine, insbesondere des Diabas, mehr accessorisch in sauren Gesteinen; z. Th. frei ausgebildet auf metamorpher Lagerstätte. Arendal, Pargas. Hierher auch der grössere Theil des aus rundlichen Krystallkörnern aufgebauten Kokkolith von Arendal etc.

3. Basaltischer Augit, durch pechschwarze Farbe und muschligen Br.,

[1]) Die Krystalle Fig. 485 u. 487 sind von der Rückseite gezeichnet.

öfters auch durch Pleochroismus ausgezeichnet. Nicht selten scharf ausgebildete, aber flächenarme XX mit charakteristischem 8-seitigem Querschnitt (meist nur Mrls). (Fig. 487). Eingewachsen als Gemengtheil in jüngeren Eruptivgesteinen, in Basalten und Basalttuffen, Andesiten etc. Boreslaw in Böhmen, Kaiserstuhl, Laacher See, Auvergne, Vesuv; in Augitporphyriten des Fassathals.

4. Omphacit. Grasgrüne Körner und kurze Nadeln als Gemengtheil des Eklogits neben Granat und Smaragdit, öfters mit letzterem verwachsen, desgleichen in Amphiboliten und sonstigen krystallinen Schiefern. Fichtelgebirge, Saualpe in Kärnten etc. —

Uralit. Umwandlungspseudomorphose von Augit in faserige Hornblende. Weit verbreitet.

Aegirin. Akmit. $NaFeSi_2O_6$.

Monoklin. $a : b : c = 1{,}0998 : 1 : 0{,}6012$. $\beta = 106^0\ 51'$ (Brögger). — XX eingewachsen, z. Th. gross, fusslang, kurz- und dicksäulig oder lineal- und schilfartig gestreckt nach der Verticalaxe mit vorherrschender, vertical gestreifter Querfläche; daneben $(110)\infty P$ und $(010)\infty P\breve{\infty}$. Obere Begrenzung stumpf durch Vorherrschen von $(\bar{1}11)P$ oder wie gewöhnlich am Akmit durch spitze hintere Hemipyramiden. In miarolithischen (drusigen) Gesteinen auch aufgewachsen und zuweilen in Form von Härchen und feinsten faserigen Aggregaten. Sehr häufig Zwillingsbildung nach $(100)\infty P\bar{\infty}$.

$(110)\infty P$ deutlich, nach $(100)\infty P\bar{\infty}$ zuweilen vollk. Absonderung. Br. uneben. H. $= 6$—$6^1/_2$, G. $= 3{,}4$—$3{,}5$. Glasgl. mehr oder minder deutlich, undurchs. bis kantendurchschein. Grünlichschwarz, röthlichbraun bis bräunlich schwarz. Str. gelblich grau bis dunkel grün. Deutlich pleochroitisch. A-E $= (010)\infty P\breve{\infty}$; schiefe Auslöschung im Gegensatz zu anderen Augiten sehr gering, nur $3^1/_2{}^0$—6^0 gegen die Verticalaxe.

52 SiO_2, 34,6 Fe_2O_3, 13,4 Na_2O; enthält öfters etwas Al_2O_3, FeO, MnO, K_2O, auch wohl TiO_2. — Schmilzt v. d. L. ziemlich leicht zu magnetischem Glas; von Säuren wenig angegriffen.

Der typische Natronaugit der Eruptivgesteine. Gemengtheil der Alkaligranite und Alkalisyenite und namentlich der Eläolithsyenite, vielfach in Verbindung mit Natronhornblenden wie Arfvedsonit und Barkevikit. Auf den pegmatitischen Gängen des Eruptivgebiets im südlichen Norwegen nördlich vom Langesundfjord. Elfdalen in Schweden. Halbinsel Kola. Ditró in Siebenbürgen. Serra de Monchique in Portugal. Grönland. Magnet Cove in Arkansas. Serra de Tinguá in Brasilien.

Der Name Akmit ist von Haus aus beschränkt auf die XX in den Granitgängen von Rundemyr auf Eker in Norwegen und aus dem Eläolithsyenit von Ditró in Siebenbürgen, die durch spitze Endigung und durch zonaren Aufbau aus grüner und brauner Substanz ausgezeichnet sind. Es ist auch heute wohl noch üblich, die im Dünnschliff grün durchsichtigen XX als Aegirin, die braun durchsichtigen als Akmit zu bezeichnen.

Aegirinaugit ist ein gewöhnlicher Thonerde-Augit, ausgezeichnet durch Natrongehalt, der sich in manchen Eläolithsyeniten, Phonolithen und Leucitophyren findet. — Urbanit, dunkelbraun von Långban und Glakärn-Grube in Schweden ist ein CaO- und MgO-haltiger Aegirin.

Spodumen. Triphan. $LiAlSi_2O_6$.

Monoklin. a : b : c = 1,1283 : 1 : 0,6234. β = 110° 28′ (vom Rath). ✕✕ z. Th. sehr gross, zumeist in groben, breitstrahligen Aggregaten. Zw. nach (100)∞P$\bar{\infty}$. # (110)∞P deutlich, (100)∞P$\bar{\infty}$ vollk. H. = 6½—7, G. = 3,1—3,2. Glasgl., auf (100)∞P$\bar{\infty}$ perlmutterartig. M-L = 26° gegen c. Durchschein. Grünlichweiss bis grünlichgrau; durch tief smaragdgrüne Farbe unterscheidet sich der Cr_2O_3-haltige Hiddenit von Nord-Carolina. — V. d. L. unter Aufblühen leicht schmelzbar und die Flamme vorübergehend roth färbend. Von Säuren nicht angegriffen. Neben Quarz und Turmalin in Gneissen und Graniten. Insel Utö; Lisens und Sterzing in Tirol; Peterhead in Schottland, Killiney in Irland; Goshen, Chesterfield und Norwich in Mass. Bei Branchville, Conn. riesige ✕✕ von licht bläulichrother Farbe. Wird zur Lithiumdarstellung benutzt. Giebt Veranlassung zu zahlreichen Mineralneubildungen, wie Albit, Muscovit, darunter auch Kymatolith, der mit Jadeit chemisch ident ist.

Jadeit. $NaAlSi_2O_6$.

Derb, mikrokrystallin, die feinen Fasern sind aber nach Arzruni triklin und besitzen einen Spaltwinkel von ca. 87°. Zäh. H. = 6½—7, G. = 3,2—3,3. Geringer Glasgl. Durchschein. Weiss und grünlich. Schmilzt v. d. L., wenn wasserfrei, zu einer klaren Perle. Birma, Tibet. Gleich dem Nephrit, unter welchem Namen er häufig einbegriffen wird, zu prähistorischen, auch in Europa verbreiteten Waffen verarbeitet, gegenwärtig noch in China verschliffen. — Chloromelanit ist durch ähnliche physikalische Beschaffenheit und gleiche Verwendung ausgezeichnet, aber dunkelgrün und durch einen Gehalt von FeO, CaO und MgO unterschieden.

Durch einen charakteristischen Zirkongehalt ausgezeichnet sind die nachstehenden 3 Mineralien. Sie werden als Zirkonaugite oder Zirkonpyroxene zusammengefasst, zeigen aber immerhin mancherlei Abweichungen von der Augitgruppe.

Rosenbuschit. Monoklin; lässt sich chemisch als ein Pektolith (S. 489) deuten, bei dem ein wesentlicher Theil SiO_2 durch ZrO_2 und TiO_2 ersetzt ist, enthält auch F, daneben Fe, Mn und die seltenen Erden La, Ce, Di. Steht auch krystallographisch dem Pektolith nahe dadurch, dass die dünnen ✕✕ nach der Queraxe verlängert sind; die Aggregate sind radialstrahlig bis filzig. # (001)oP vollk., etwas weniger nach (100)∞P$\bar{\infty}$. Br. uneben. H. = 5—6, G. = 3,3. Glasgl., kantendurchschein. Hell orangegrau. Schmilzt v. d. L. und färbt die Flamme intensiv gelb. Gelegentlicher Gemengtheil von norwegischen, nordamerikanischen und brasilischen Eläolithsyeniten, speciell von der Insel Skudesundskjär bei Barkevik.

Låvenit. $Na(MnCa)(ZrO.F)Si_2O_6$. Monoklin. Langgestreckte ✕✕ mit vorherrschendem (110)∞P 88° 24′; oft Zw. nach (100)∞P$\bar{\infty}$. Licht- bis röthlichgelb oder dunkelrothbraun bis schwarzbraun. H. = 6, G. = 3,5. Sehr selten; auf den norwegischen (Eläolithsyenit-) Pegmatitgängen, Insel Låven und Klein-Arö.

Wöhlerit. $Na_5Ca_{10}Nb_2Zr_3F_3Si_{10}O_{42}$. Monoklin. ✕✕ fast immer dicktafelig nach (100)∞P$\bar{\infty}$ mit rissiger Oberfläche, in Folge sehr häufiger Zwillingsverwachsung nach (100)∞P$\bar{\infty}$ rhombischer Habitus. # (010)∞P$\breve{\infty}$ unvollk. Br. kleinmuschlig, sehr spröd. H. = 5—6, G. = 3,44. Durchs., Harzgl.; gewöhnlich honiggelb, schwefelgelb, selten fast farblos. In den norwegischen Pegmatitgängen. Lövö, Skudesundskjär und Kjeö bei Barkevik.

c) Trikline Augite.

Wenig zahlreich und meist nur derb vorkommend; chemisch sind sie im Wesentlichen Bisilicate des Mangans, jedoch mit kleineren oder grösseren isomorphen Beimischungen von Ca, Fe, auch Zn; im Hiortdahlit liegt ein Na- und Fe-haltiger Zirkonaugit vor. Bei der Aufstellung der XX werden die beiden Spaltflächen, die sich unter dem charakteristischen Spaltwinkel der Augite schneiden, gewöhnlich zu Flächen des Verticalprismas gewählt.

Rhodonit. Pajsbergit. Kieselmangan. Rothbraunsteinerz. $MnSiO_3$.

Triklin, holoedrisch. $a:b:c = 1,0728:1:0,6213$. $\alpha = 103^0\ 18'$; $\beta = 108^0\ 44'$; $\gamma = 81^0\ 39'$ (Flink). XX selten (Pajsberg), gewöhnlich unvollkommen, gross, mit gerundeten Ecken, tafelig nach *(001)oP* oder nach *(1̄10)∞'P*. Zumeist nur derb, feinkörnig bis dicht, auch öfters späthig.

(110)∞P' und *(1̄10)∞'P* vollk., sich unter $87^0\ 32'$ schneidend; nach *(001)oP* weniger vollk. XX spröd, derbe Massen zäh. Br. muschlig bis uneben. H. = $5^1/_2$—$6^1/_2$, G. = 3,4—3,68. Glasgl. auf Spaltflächen perlmutterartig. Durchs., häufiger durchschein. Gefärbt in allen Farben, namentlich schmutzig braun und grau, marmorirt, nicht selten auch rein rosenroth; in Folge der leichten Verwitterung unter Abscheidung von MnO_2 von schwarzen Adern durchtrümmert und oberflächlich schwarz angeflogen (sogen. schwarzer Mangankiesel). Auslöschung auf *(001)oP* $54^1/_2{}^0$ zur Kante [*(001)* *(110)*] und $39^1/_2{}^0$ zu [*(001)* *(1̄10)*].

54 MnO bezw. 41,9 Mn und 46 SiO_2; gewöhnlich ein Theil Mn ersetzt durch Ca und Fe oder gemengt mit $CaCO_3$ und SiO_2. — Der graurothe, radialstrahlige Bustamit, ursprünglich aus Mexico, enthält 9—20 Kalk, danach wird wohl jeder $CaSiO_3$-haltige Rhodonit als Bustamit bezeichnet. Dichte Gemenge von Rhodonit mit SiO_2, auch mit $CaCO_3$ sind als Mangankiesel, Hornmangan, Photicit, Hydropit, Tomosit, Allagit bezeichnet worden. Der dunkel leberbraune und dichte Klipsteinit von Herborn in Nassau ist ein Gemenge von Rhodonit mit aus der Verwitterung hervorgegangenem MnO_2. — V. d. L. Reaction auf Mn, wird von Säuren nicht angegriffen, braust aber öfters wegen des Gehalts an $CaCO_3$.

Auf manchen Mn-haltigen Magnetitgruben innerhalb krystalliner Kalke, Pajsbergs- und Harstigsgrube wie zu Långbanshyttan in Wermland sowie auf Manganmineralien führenden Erzgängen, Kapnik, Cornwall, St. Marcel in Piemont. In grösseren Massen auf den Lagerstätten des Mangancarbonats, so vielorts in der Provinz Huelva. Wechsellagert zuweilen mit 'Kieselschiefer (Schäbenholz bei Elbingerode und Lautenthal im Harz), in den er auch allmählich übergeht. Schön rosenroth gefärbter und zu Ornamenten verschliffener Rhodonit findet sich auf einem Gange zu Málaja Ssedelnikówaja bei Katarinenburg im Ural.

Durch Wasseraufnahme geht Hydrorhodonit (Långbanshyttan) und Karyopilit (Pajsberg) hervor. — Selbständige Neubildungen auf Klüften von Rhodonit

sind die amorphen wasserhaltigen Mangansilicate von schwarzer bis rothbrauner Farbe, die mit den Namen Penwithit (Cornwall), Stratopeit (Pajsberg), Wittingit und Neotokit (beide aus Finland) belegt sind. In grösseren Massen finden sich diese amorphen Silicate auf den Manganlagerstätten Huelvas.

Fowlerit ist chemisch ein Rhodonit mit einem wesentlichen Gehalt an ZnO (5—8%), FeO (3—9%) und CaO (6—7%), also $(MnZnFeCa)SiO_3$; findet sich z. Th. in grossen X X und in späthigen, Feldspath ähnlichen Stücken, eingeschlossen in Kalkspath. Mine Hill und Stirling Hill in New-Jersey. — Dyssnit von der gleichen Lokalität, schwarz, ist ein wasserhaltiges Verwitterungsproduct des Fowlerit.

Babingtonit. Isomorphe Mischung von $(CaFeMn)SiO_3$ mit $Fe_2Si_3O_9$. Kleine aufgewachsene, tafelige oder kurzsäulige, 8- bezw. 6-seitige X X, an den Enden zweiflächig begrenzt. Radialstenglige Aggregate. # c = (1̅10)∞,P vollk., b = (110)∞P′ etwas weniger; Spaltwinkel = 87° 23′. H. = 5½—6, G. = 3,4. Starker Glasgl.; undurchs.; schwarz. — V. d. L. unter Aufschäumen leicht zu magnetischer Perle schmelzend. Säuren unwirksam. Arendal, Shetlandsinseln, Baveno, Herbornseelbach in Nassau.

Hiortdahlit, $Na_4Ca_{12}F_6(SiZr)_{14}O_{39}$, also ein Zirkonaugit, dem monoklinen Wöhlerit chemisch wie auch sonst ähnlich. Dünne linealförmige X X von geringer Grösse. Glasgl. auf dem Br. fettig. Stroh-, schwefel- oder honiggelb. Aus einem Gange von Mittel-Arö am Langesundfjord.

2. Hornblende-(Amphibol-)Reihe.

(110)∞P ca. 124½° mit vollk., schilfriger #. Deutlicher Pleochroismus, gewöhnlich optisch positiv, doch finden sich unter den eisenreichen Arten auch negativ optische Hornblenden.

a) Rhombische Hornblenden.

Die hierher gehörigen Hornblenden sind Ca-frei, dagegen lassen sich Al_2O_3-freie und Al_2O_3-haltige Glieder unterscheiden. Wenig verbreitet.

Anthophyllit. $(MgFe)SiO_3$.

Nur derb in breitstengligen, faserigen, auch asbestartigen Aggregaten mit ausgezeichnet schaliger Zusammensetzung nach (100)∞P̄∞. Spaltprisma ca. 125°. H. = 5½, G. = 3,2. Perlmgl. bis Glasgl., auf (010)∞P̆∞ schillernd. Durchschein. Nelkenbraun und gelblichgrau; dem Bronzit und Hypersthen ähnlich und öfters damit verwechselt. Optisch negativ, Axenbild auf (100)∞P̄∞; stark pleochroitisch. — V. d. L. sehr schwer schmelzbar; Säuren unwirksam. Selten. Mit Hornblende im Glimmerschiefer bei Kongsberg, bei Modum; Bodenmais; Shetlandsinseln; gelbgraue radialfaserige Schalen in „Glimmerkugeln" von Hermannschlag in Mähren. — Kupfferit aus dem Ilmengebirge ist ein FeO-armer (nur 6%) Anthophyllit von grüner Farbe. — Gedrit (Snarumit) begreift Al_2O_3-haltige Anthophyllite. Gewöhnlich lichtbraun bis grünlich von blätteriger Structur. Fiskernäs in Grönland; Bamle in Norwegen; Kinziggebiet im Schwarzwald; Gèdres in den Pyrenäen. Unter den norwegischen Anthophylliten finden sich bei gleicher sonstiger Beschaffenheit auch solche, die schief auslöschen (sogen. Amphibol-Anthophyllit).

b) Monokline Hornblenden.

Es lassen sich Al_2O_3-freie und Al_2O_3-haltige Hornblenden unterscheiden; die ersteren entsprechen einer Zusammensetzung $(CaMg)SiO_3$, wobei aber das Verhältniss

Mg : Ca constant = 3 : 1 ist, so dass die Formel $CaMg_3Si_4O_{12}$ geschrieben werden muss; ein Theil Mg wird öfters durch Fe vertreten. Die Al_2O_3-haltigen Hornblenden bestehen aus einer isomorphen Mischung des eben genannten Silicates mit solchen, in deren Zusammensetzung Al_2O_3 oder dafür theilweise Fe_2O_3 eintritt. Einzelne Glieder der letzteren enthalten auch Na_2O in wesentlicher Menge.

Charakteristisch für alle Hornblenden ist die vollk. # nach einem Prisma von ca. 124° und der kräftige Pleochroismus bei den farbigen Arten. A·E = (010)∞P∞̄, sonstige optische Verhältnisse im Einzelnen veränderlich. Die 1 M·L fällt meist in den stumpfen Winkel β und ist gegen die Verticalaxe um 70—80° geneigt, so dass die Auslöschung auf (010)∞P∞̄ relativ gering, wenigstens geringer als bei den Augiten ist. Viele Hornblenden erscheinen in langstrahligen, faserigen, verfilzten Varietäten, die als Asbest, Amiant, Bergflachs, Bergleder, Bergkork etc. bezeichnet werden und ihrer Biegsamkeit, Säure- und Feuerbeständigkeit halber in der Technik Verwendung finden. Namentlich kommt Strahlstein in derartiger Ausbildung vor, aber ebenso bilden andere Hornblenden, wie der Anthophyllit, und andere Mineralien, wie der Serpentin, Asbeste.

Grunerit $FeSiO_3$ mit geringen Mengen von MgO und Al_2O_3. Asbestartige, faserig bis blätterigstrahlige Aggregate von brauner Farbe und Seidengl. G. = 3,713. Collabrières im Dép. Var.

Cummingtonit $(FeMg)SiO_3$. Strahlige Aggregate mit Seidengl.; aschgrau bis bräunlich. Mit Quarz von Cummington, Mass. Hierher gehört der Grunerit der Magnetitlagerstätten des Marquettedistricts am Lake Superior. Durch einen Gehalt an MnO unterschieden sind die aus Schweden stammenden Var. Dannemorit, Silfbergit und Hillängsit.

Hermannit (Cummingtonit z. Th.), wesentlich $MnSiO_3$, aber bereits zersetzt. Rosenrothe stenglig-körnige Aggregate von Cummington, Mass. Eine unreine Manganhornblende soll auch Kirwanit sein, der sich in mikrokrystallinen kugligen Aggregaten von olivengrüner Farbe auf Hohlräumen eines Basaltes in Nord-Irland findet.

Strahlstein. $Ca(MgFe)_3Si_4O_{12}$.

Monoklin, holoedrisch mit dem Axenverhältniss der Hornblende. XX langsäulig, linealartig mit wohl ausgebildetem Prisma *(110)∞R*, aber meist ohne freie Endbegrenzung. Gewöhnlich in divergent- oder wirrstrahligen, parallelfaserigen, nadeligen und derben Aggregaten.

(110)∞P vollk. Glasgl. G. = 2,9—3,17, H. = 5½—6. Farblos, weiss, grau, grün in allen Tönen. Optisches Verhalten wie bei der gemeinen Hornblende.

Contactmineral und wesentlicher Gemengtheil mancher krystallinen Schiefer (Strahlsteinschiefer); durch Umwandlung aus Augit auch in Eruptivgesteinen.

Man unterscheidet nach Zus. und Structur mehrere Varietäten:

1. Tremolit (Grammatit, Calamit), im Wesentlichen das reine Kalk-Magnesia-Silicat $CaMg_3Si_2O_{12}$, oder mit nur ganz geringen Mengen von FeO. Daher weiss, grau oder licht-flaschengrün gefärbt. Geht leicht in Talk über. Contactmineral in körnigem Kalk und Dolomit, z. B. von Campo longo am St. Gotthard; im Talkschiefer.

2. Aktinolith, enthält grössere Mengen von FeO; in dunkelgrünen, strahligen Aggregaten, namentlich in Talk- und Chloritschiefern, vielorts, z. B. aus dem Zillerthal; bildet selbständig Aktinolithschiefer.

3. Smaragdit, ein grasgrüner Aktinolith, Aggregate kleiner kurzer Nadeln mit Omphacit verwachsen in Eklogit und als Umwandlungsmineral des Olivin resp. des Diallag in manchen Gabbros. — Pilit heissen faserig-filzige Pseudomorphosen von Aktinolith nach Olivin in Gabbros und Kersantiten von Els im niederösterreichischen Waldviertel. — Zum Aktinolith sind ferner zu rechnen: Raphilit, Kymatin und Pitkärandit.

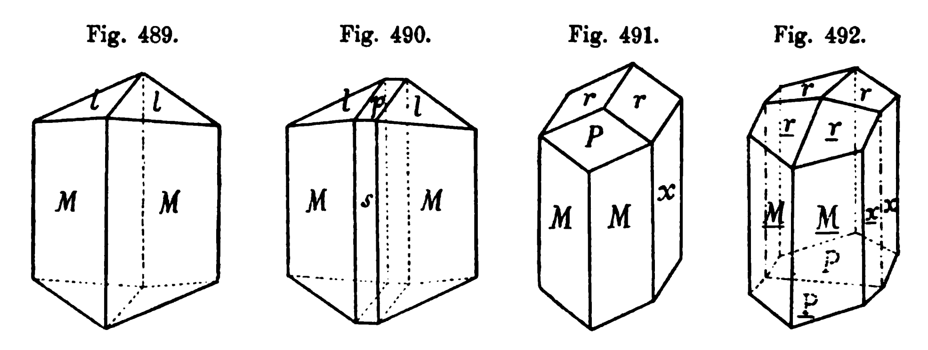
4. Hornblendeasbest (Amiant, Byssolith). Derbe Strahlsteinaggregate mit fein- und langfaseriger Structur, deren parallele Fasern sich leicht ablösen und biegsam sind. Wenn sie dichter, weniger regelmässig und weniger biegsam sind, so heissen sie Bergleder, Bergkork, Bergholz. Findet technische Anwendung, steht aber dem biegsameren Serpentinasbest an Güte nach. Mehrorts in den Alpen und im Gebiet der italienischen Seen etc.

5. Nephrit (Beilstein, Punamustein) ist ein kryptokrystalliner, völlig dicht erscheinender Strahlstein. H. = $5^1/_2$, G. = 2,9—3, zäh. Durchscheinend, lauchgrün bis grünlichgrau und im Unterschied zu dem ähnlichen Jadeit schwer schmelzbar; vor allem aber unterschieden durch Mangel an Na_2O und Al_2O_3. Zu Steinwaffen und als Schmuckstein in vorhistorischer Zeit und gegenwärtig noch im Orient verwendet. Anstehend bekannt in Turkestan, China, auf Neu-Seeland; in Europa mit Sicherheit nur bei Jordansmühl in Schlesien; als ethnographischer Fund weit verbreitet.

Hornblende (Amphibol) im engern Sinn, charakteristisch der wesentliche Gehalt an Al_2O_3.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5483 : 1 : 0{,}2938$. $\beta = 104^0\ 58'$ (Nordenskiöld). — XX ein- und aufgewachsen, meist kurzsäulig und durchweg mit sechsseitigem Umriss durch $M = (110)\infty P$ und $x = (010)\infty P\breve{\infty}$.

Fig. 489. Fig. 490. Fig. 491. Fig. 492.



Die Endbegrenzung ist gewöhnlich dreiflächig, entweder wie bei der gemeinen Hornblende durch $l = (011)P\breve{\infty}$ und $P = (001)oP$ (Fig. 490) oder wie bei der basaltischen Hornblende mit rhomboedrischem Habitus hervorgebracht durch $P = (001)oP$ und $r = (\bar{1}11)P$ (Fig. 491). Andere Flächen wie $s = (100)\infty P\bar{\infty}$ und $z = (021)2P\breve{\infty}$ sind seltener. Die Winkel schwanken je nach der chem. Zus. etwas; der Prismenwinkel $M = 124^0\ 11'$; $l = 148^0\ 16'$; $r = 148^0\ 28'$. Zw. nach $(100)\infty P\bar{\infty}$, die ähnlich wie diejenigen der Augite den Eindruck einfacher Individuen machen, aber auch auf der Unterseite ohne einspringenden Winkel sind (Fig. 492). Oefters Parallelverwachsung mit Augit und Diallag. — Derb, in körnigen,

stengligen, faserigen Aggregaten; in Pseudomorphosen nach Augit von faseriger Structur: **Uralit** und mit Wassergehalt: **Traversellit.**

(110)∞*P* vollk., hat das Ansehen des Abschilferns. H. = 5—6, G. = 2,9—3,3, also etwas niedriger als beim Augit. Glasgl.; im Dünnschliff mit grüner oder brauner Farbe durchs. Grün- und rabenschwarz mit Ausnahme des lauch- bis blaugrünen Pargasit. Str. graugrün. A-E *(010)*∞*P*∞̄; 1 M-L liegt im stumpfen Winkel β und ist gegen die Verticalaxe um ca. 75° geneigt; demnach bildet die 2 M-L einen geringen Winkel gegen die c-Axe oder, was dasselbe ist, die Auslöschungsschiefe beträgt 11—13° bei den braun durchsichtigen, 13—18° und mehr bei den grün durchsichtigen Hornblenden. Starker Pleochroismus, namentlich auf *(010)*∞*P*∞̄. Sonstiges optisches Verhalten s. S. 194.

Isomorphe Mischung von $CaMg_3Si_4O_{12}$ und $2(MgAl_2SiO_6)$ mit 8—15 Al_2O_3. Ein Theil MgO wird wie in den Augiten regelmässig durch FeO ersetzt, nahezu ganz ist dies der Fall im **Bergamaskit**, der auch 4 Na_2O enthält; öfters findet sich auch Fe_2O_3 und Na_2O. Ein Theil SiO_2 kann durch TiO_2 (bis 7%) und selbst durch etwas SnO_2 ersetzt werden. — V. d. L. schmelzen die eisenreicheren Varietäten leicht zu einer dunklen magnetischen Perle und werden auch von Salzsäure angegriffen.

Weit verbreitet. Als wesentlicher und accessorischer Gemengtheil vieler Eruptivgesteine: Syenit, Diorit, Porphyrit, Trachyt, Phonolith, Andesit, in Tuffen und Aschen, in manchen krystallinen Schiefern, besonders im Amphibolit; als Contactmineral, dagegen nicht in Meteoriten und nicht als Hüttenproduct.

Hornblende wandelt sich häufig in Biotit und Chlorit um und giebt Veranlassung zur Epidotbildung; geht selbst aus Augit und Diallag hervor.

Im Einzelnen werden unterschieden:

1. **Pargasit** (Grüne H., Edenit). Eisenarm; in kurzen, an den Kanten abgerundeten, wie angeschmolzen aussehenden ✕✕ und in Körnern. Licht bläulichgrün bis dunkelgrün und schwarz. Auslöschungsschiefe 15°—18°. Contactmineral. Im körnigen Kalk von Pargas in Finland und Edenville in New-York. — Hierher auch der weisse, strahlig-faserige **Kokscharowit**, mit Lasurit aus der Nähe des Baikalsees.

2. **Gem. schwarze Hornblende.** ✕✕ auf manchen Magnetitlagerstätten, Arendal, Taberg in Wermland, Filipstad (Fig. 489 u. 490), seltener als porphyrartige Einsprenglinge in Eruptivgesteinen; gewöhnlich nur in individualisirten oder mit einander verwachsenen Körnern. Wesentlicher Gemengtheil der älteren Eruptivgesteine und des Amphibolits.

Nach der Farbe kann man unterscheiden grünlichschwarze H., die im Dünnschliff grün durchsichtig werden, eine Auslöschungsschiefe von 15°—25° haben und namentlich in den saureren Tiefengesteinen und krystallinischen Schiefern vorkommen und braunschwarze H., die braun durchsichtig werden, mit 12°—14° auslöschen und sich gern in basischen Eruptivgesteinen finden. — Hierher auch der rabenschwarze **Karinthin** aus dem Eklogit der Saualpe in Kärnten.

3. Basaltische Hornblende. In XX (Fig. 491 u. 492), deren Querschnitt 6-seitig ist, nie (100)∞P∞̄, öfters mit geflossenen Kanten oder in Körnern in jüngern vulkanischen Gesteinen, schöne XX aus dem Basalttuff des böhmischen Mittelgebirges (Wolfsberg bei Cernosin). Bräunlichschwarz, im Dünnschliff braun durchs.; auf den Spaltflächen starker Glasgl. Sehr geringe Auslöschungsschiefe zwischen 0° und 10°. Enthält öfters TiO_2, der im Kaersutit aus Nordgrönland auf 6—7% steigt.

Arfvedsonit. $\beta = 104^\circ 15^1/_2{}'$. Die charakteristische natronhaltige Hornblende der Eruptivgesteine. Chem. Zus. ist noch nicht genügend erkannt, da ältere Analysen am Aegirin angestellt sind, im Wesentlichen aber $Na_2Fe_3Si_4O_{12}$ gemischt mit einem Ca- und Mg-haltigen Silicat von $(AlFe)_2O_3$; TiO_2-frei. XX selten, gross und prismatisch von Grönland, sehr klein und tafelig von Langesund. Zw. nach (100)∞P∞̄. # (110)∞P 123° 55′ recht vollk., (010)∞P∞̆ weniger vollk. H. = $5^1/_2$—6, G. = 3,44. Glasgl. Tief blauschwarz mit dunkel blaugrauem Str. (Unterschied von Aegirin), im Dünnschliff blaugrün durchs. Auslöschung auf (010)∞P∞̆ ca. 14°. Schmilzt schon an der Lichtflamme und liefert v. d. L. unter Aufschäumen eine magnetische Perle. In Säuren unlöslich. Im Sodalithsyenit von Kangerdluarsuk in Grönland, selten auf den Syenitpegmatitgängen und den Augitsyeniten Norwegens. XX von Klein-Arö im Langesundfjord. — Nahe verwandt ist Barkevikit, chemisch unterschieden durch stärkere Betheiligung des Silicats der Sesquioxyde und Armuth an CaO und MgO, aber TiO_2-haltig. Grosse rauhe XX von Barkevik mit kurz- oder langsäuligem Habitus. # (110)∞P 124° $15^1/_2{}'$ vollk., ebenso nach (010)∞P∞̆ oft recht vollk. H. = 6, G. = 3,428. Starker Glasgl. auf den Spaltflächen. Tief sammetschwarz, im Dünnschliff braun durchschein. Str. tief olivgrün. Auslöschung $12^1/_2{}^\circ$. Löthrohrverh. wie Arfvedsonit. Skudessundskjär bei Barkevik im Langesundfjord in XX, sonst wesentlicher Gemengtheil der Augitsyenite des südlichen Norwegens. Nur wenig unterschieden (durch stärkeren Ca- und Mg-Gehalt) sind die Hornblenden aus den grobkörnigen Gängen von Frederiksvärn. — Kataphorit ist eine natron- und eisenreiche Hornblende aus Aegiringesteinen am Langesundfjord.

Glaukophan. $Na_2Al_2Si_4O_{12}$ gemischt mit $(MgFe)_3CaSi_4O_{12}$. β = ca. 105°. Die charakteristische Natronhornblende der krystallinen Schiefer. XX prismatisch, selten mit freier Endbegrenzung. Gewöhnlich in stengligen und körnigen Aggregaten. # (110)∞P 124° 51′ deutlich. H. = 6—$6^1/_2$, G. = 3—3,1. Glasgl., durchschein. bis undurchs. Blaugrau, lavendelblau bis schwärzlichblau. Str. blaugrau. Auslöschung 4—7°. Schöner Pleochroismus. Schmilzt v. d. L. leicht zu graulichweissem oder grünlichem, nicht magnetischem Glas; von Säuren kaum angegriffen. Im Glimmer- und Glaukophanschiefer auf Syra und Euböa, im Gneiss zu Zermatt; ferner Insel Groix in der Bretagne, Balado-Mine und Neu-Caledonien. — Gastaldit, ein Glaukophan, in dem $(MgFe)_3CaSi_4O_{12}$ vorwiegt. Im chloritischen Gestein von St. Marcel und Champ de Praz im Aostathal; im Val Locana etc.

Riebeckit. Mischung von $FeSiO_3$ mit $Na_2Fe_2Si_4O_{12}$. Aus Graniten und Syeniten; Granit der Insel Sokotra. Hierher gehört auch wohl der z. Th. schon verkieselte, als Schmuckstein verwendete Krokydolith vom Oranje-River.

Richterit ist eine viel Na_2O und wenig Al_2O_3 enthaltende Manganhornblende von Pajsberg.

c) Trikline Hornblenden.

Aenigmatit. Chemisch wesentlich wie Arfvedsonit, aber ein Theil SiO_2 ist durch TiO_2 ersetzt. Grosse, schlecht messbare XX aus den Sodalithsyeniten von Naujakasik und Kangerdluarsuk in Grönland, kleinere XX (sogen. Cossyrit) aus

den Pantelleriten von Pantelleria. Starker Glasgl. auf dem Spaltprisma (123° 52′ bis 124° 5′). G. = 3,8. Sammetschwarz, im Dünnschliff braun durchschein. Str. röthlichbraun. — Kölbingit aus Grönland mit pistazgrünem Str. und G. = 3,6 scheint nur eine Parallelverwachsung von Aenigmatit und Arfvedsonit zu sein.

Prismatin. $MgAl_2SiO_6$. Rhombisch, holoedrisch. ✕✕ lang prismatisch mit herrschendem (110)∞P. ⧺ (110)∞P zieml. vollk. H. = 6—7, G. = 3,34. Geringer Glasgl. Gelbbraun durchs., gewöhnlich oberflächlich oder durch die ganze Masse in lichtgrünliche Substanz, Kryptotil, umgewandelt. Im Granulit von Waldheim in Sachsen. — Die gleiche Zusammensetzung scheint Kornerupin zu haben. Rhombisch. Sillimanitähnliche, radial oder parallel gruppirte, dünnstenglige oder strahlige Aggregate. ⧺ (100)∞P ziemlich vollk. H. = 6—7, G. = 3,273. Glasgl., weiss. Im Gneiss von Fiskernäs in Grönland.

Sapphirin. $5MgO, 6Al_2O_3, 2SiO_2$. Monoklin. β = 100° 30′. ✕✕ tafelig nach (010)∞P$\breve{\infty}$, gewöhnlich in platten Körnern. Br. uneben. H. = 7½, G. = 3,46 bis 3,49. Glasgl., durchschein. bis durchs. pleochroitisch. Hellblau, bläulich- oder grünlichgrau, zuweilen dunkelgrün. Theils mit Biotit, theils mit Bronzit verwachsen, in Nestern im Gneiss und Glimmerschiefer bei Fiskernäs an der Westküste Grönlands.

Leukophangruppe.

Leukophan. $NaCaBeSi_2O_6F$. Rhombisch, hemiedrisch. ✕✕ selten, am häufigsten dicktafelig nach (001)oP, vielfach in Zwillingsverwachsung. Derb in stengligen und schaligen Aggregaten. ⧺ (001)oP vollk., nach (100)∞P$\bar{\infty}$, (010)∞P$\breve{\infty}$ und anderen Flächen deutlich. Br. uneben. H. = 3½—4, G. = 2,96. Glasgl., auf dem Br. fettartig; an den Kanten durchschein. Weisslichgrün oder grünlichweiss. Auf Gängen im Augitsyenit des Langesundfjords, namentlich auf Låven.

Melinophan. $NaCa_2Be_2Si_3O_{10}F$. Tetragonal, vielleicht tetartoedrisch. ✕✕ sehr selten, stets tafelig oder flach pyramidal; meist eingesprengt in schaligen und blätterigen Aggregaten. ⧺ (001)oP deutlich, ausserdem auch schalig nach (001)oP abgesondert. H. = 5, G. = 3. Glasgl., durchschein. bis durchs. Schwefel-, citronen- und honiggelb; durch Verwitterung roth. Selten, auf Gängen im Augitsyenit Norwegens. Stocksund auf Stockö.

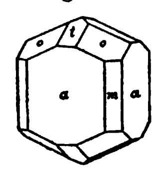
Skapolithgruppe.

Die Mineralien dieser Gruppe, durch Gleichartigkeit ihrer morphologischen Eigenschaften, aber Veränderlichkeit ihrer chemischen Zusammensetzung ausgezeichnet, bilden nach Tschermak's Untersuchungen eine vollkommene isomorphe Reihe, deren allmählich in einander verlaufende Glieder aus dem verschiedenen Mischungsverhältniss zweier Endsubstanzen, der Na-haltigen Marialithsubstanz $Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl$ = Ma mit $11Na_2O$, $18,1Al_2O_3$, $64SiO_2$, $6,9NaCl$ und der Ca-haltigen Mejonitsubstanz $Ca_4Al_6Si_6O_{25}$ = Me mit $25,17CaO$, $34,38Al_2O_3$, $40,45SiO_2$ hervorgegangen sind. Sie bilden dadurch eine bemerkenswerthe Parallele zu der Plagioklasreihe, und das auch noch deswegen, als sie in ihrem qualitativen Bestande abgesehen von dem Chlorgehalt der Marialithsubstanz mit dem Albit bezw. dem Anorthit übereinstimmen. Da schon früher chemisch verschiedene Glieder als Skapolith vereinigt worden sind, so dient auch im Folgenden dieser Name als der zusammenfassende für die in ihren morphologischen und physikalischen Eigenschaften übereinstimmenden, aber chemisch aus einander zu haltenden Glieder.

Skapolith. Wernerit. Isomorphe Mischung von $Na_4Al_3Si_9O_{24}Cl$ und $Ca_4Al_6Si_6O_{25}$.

Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch. $a:c = 1:0,43925$ (KOKSCHAROW). Je nach dem Mischungsverhältniss schwankend von $1:0,4425$ (Ma) bis $1:0,4393$ (Me). — ⨯⨯ mehr oder weniger säulenförmig, in gedrungenen Prismen, oft auch langgestreckt. $m = (110)\infty P$, $a = (100)\infty P\infty$, $o = (111)P$ (63° 42′ Mittelk.), $t = (101)P\infty$. Pyramidale Hemiedrie zeigt sich in der öfteren Ausbildung der selteneren Formen $z = (311)3P3$ und $f = (120)\infty P2$ als solche III Art, worauf auch die Aetzfiguren hinweisen. — Derb in grosskörnigen und strahligen, auch ganz dichten Aggregaten.

Fig. 493.



(100)∞P∞ vollk., (110)∞P weniger vollk. Br. muschlig, spröde. H. = 5—6, G. = 2,54—2,76, mit wachsendem SiO_2-Gehalt, entsprechend einer grösseren Betheiligung von Na_2O, d. h. Marialithsubstanz abnehmend. Glasgl., ins Perlmutterartige und Fettige geneigt. Farblos oder weiss bei den vulkanischen Abarten, trübe und gewöhnlich licht gefärbt (aschgrau, bläulich, grünlich, röthlich) bei den eigentlichen Skapolithen und Werneriten. Schwache negative D.-Br.

In Folge der isomorphen Mischung von wechselnder chem. Zus. Wie die auf S. 501 angegebenen Zahlen zeigen, liegt der SiO_2-Gehalt theoretisch zwischen 40,45% und 64%, der Chlorgehalt, der nicht an Na gebunden ist, wächst bis zu 4,19%. Das Verhalten gegen Säuren ist dementsprechend auch verschieden; ein Theil der Skapolithe wird von Salzsäure unter Abscheidung schleimiger Kieselsäure zersetzt, andere werden nicht angegriffen. — V. d. L. gewöhnlich leicht unter Aufschäumen schmelzend.

Zumeist metamorphes Mineral. Theils selbständig in krystallinen Schiefern, als Skapolithfels oder eingewachsen in körnigen Kalken, Gneissen etc., theils als Contactmineral. Ferner aufgewachsen in vulkanischen Auswürflingen. Als Umwandlungsproduct von Plagioklasen im Gabbro und Diabas, charakteristisch das Vorkommen von Krageroe und anderen Orten des südlichen Norwegens, wo die von Apatitgängen durchsetzten Gabbros in ein Gemenge von Skapolith und Hornblende umgewandelt sind.

Nach dem Mischungsverhältniss werden folgende Glieder unterschieden:

Marialith. Ma bis Ma_2Me_1. 56—64 SiO_2; stets etwas Ca-haltig; von Salzsäure nicht zersetzt. Kleine wasserklare ⨯⨯ im Piperno der Pianura von Neapel. Von trüben Vorkommnissen (sogen. Skapolithen) gehören hierher: solche von Bolton, Mass., von Ripon in Quebeck (Riponit), ferner Dipyr, weisse oder röthliche, an den Enden abgerundete Prismen von 3—5 mm Länge, reichlich eingewachsen in Schiefern und Kalksteinen der Pyrenäen. Ein etwas verwitterter Dipyr ist Couseranit, weiss, oft durch Kohle grau und schwarz gefärbt. Contactmineral im Kalkstein der

Pyrenäen und am Nufenen in der Schweiz. Die auch als Couseranit bezeichneten schwarzen Prismen in pyrenäischen Glimmerschiefern sind Andalusit.

Mizzonit. Ma_2Me_1 bis Ma_1Me_2. 48—56 SiO_2, wird durch Salzsäure theilweise zersetzt. Hierher die klaren XX von der Somma und dem Laacher See und die grosse Mehrzahl der trüben eingewachsenen, früher unter Skapolith begriffenen Vork., z. B. von Arendal, von Gulsjö in Schweden, der Ekebergit von Pargas in Finland, viele Vork. aus den nordamerikanischen Contactlagerstätten, wie Gouverneur und Warwick in New-York, Bolton, Mass., Franklin, New-Jersey. Ferner der schon theilweise in Kaolin umgewandelte grobkörnige oder strahlige Porcellanspath (Porcellanit, Passauit), eingewachsen im Syenit und körnigen Kalk bei Passau.

Mejonit. Ma_1Me_2 bis Me. 40—48 SiO_2; vollständig durch Salzsäure zersetzbar. Kleine wasserklare Prismen, selten mit Endausbildung, von der Somma und dem Laacher See. Die trüben hierher zu stellenden Skapolithe hat man wohl im Besonderen als Wernerit bezeichnet. Es gehören dazu: der grössere Theil der Arendaler Vork. sammt dem etwas verwitterten Atheriastit, der blaue Skapolith von Gulsjö, der graue oder grünlichgraue bis grauschwarze Nuttalit von Bolton, Mass., der blaue Glaukolith vom Baikalsee und eben daher der hellgrüne, durch Verwitterung etwas CO_2-haltige Strogonowit.

Anm. Die Skapolithe unterliegen leicht der Verwitterung und der Umwandlung zu ganz analogen Neubildungen, wie die Plagioklase, nämlich zu Kaolin (in grösserer Menge bei Passau), Epidot, Muscovit, Biotit und zu Zeolithen. Auch Albit geht aus Skapolith hervor, wie denn umgekehrt die Plagioklase mancher südnorwegischen Gabbros durch (pneumatolytische?) Umwandlung in feinste Skapolithaggregate (Saussurit z. Th.) übergeführt sind.

Der trübe Skapolith gleicht dem gemeinen Feldspath sehr; quadratischer Querschnitt, charakteristisches faseriges Ansehen der Spaltungsflächen und höheres Gewicht sind die wesentlichen Unterschiede des ersteren. —

Dem Skapolith steht bezüglich seiner Form und Zusammensetzung sehr nahe:

Sarkolith. $Na_2Ca_8Al_6Si_9O_{36}$. Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch. (100)∞P∞, (001)oP, (111)P. H. = $5^1/_2$—6, G. = 2,54. Röthlichweiss bis fleischroth. Glasgl., durchschein. Somma. Oefters mit Analcim verwechselt.

Melilith. Humboldtilith. Sommervillit. $(CaMg)_7(AlFe)_2Si_5O_{20}$.

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0,4548$ (Des Cloizeaux). — Kleine, meist aufgewachsene, tafelige oder kurz-, selten langsäulige und nadelige XX. *(001)oP*, *(100)∞P∞*, seltener *(110)∞P*, *(130)∞P3*, *(111)P*. Auch strahlige Aggregate.

(001)oP öfters deutlich. H. = 5—$5^1/_2$, G. = 2,90—2,95. Gelb bis braun, gelblichweiss und grau. Glasgl. bis Fettgl., kantendurchschein. D.-Br. negativ.

Enthält auch etwas Na_2O, von Spuren bis zu $4^1/_2$%. V. d. L. relativ schwer schmelzend; von Säuren unter Abscheidung von Kieselgallerte zersetzt.

In Sommaauswürflingen (Humboldtilith genannt, weisslich bis grau mit grosser Basis), in Drusen der Lava von Capo di Bove, am Herchenberg im Brohlthal. Mikroskopischer Gemengtheil mancher Basalte, sogen. Melilithbasalte: schwäbische Alb, Erzgebirge, Hessen, Eifel. Künstlich in manchen Eisenschlacken.

Gehlenit. $Ca_3Al_2Si_2O_{10}$, etwas FeO, Fe_2O_3, MgO und H_2O enthaltend. Tetragonal, holoedrisch. XX klein, eingewachsen, dicktafelig oder kurzsäulig, einzeln oder in lockeren Aggregaten. Gewöhnlich nur (001)oP, (100)∞P∞. Derb. ⋕ (001)oP ziemlich vollk. H. = 5½—6, G. = 3. Geringer, etwas fettiger Glanz, kantendurchschein. bis durchs. Grünlichgrau bis unrein grün und braun. D.-Br., schwach. — V. d. L. schwer schmelzbar; von Säuren unter Gallertbildung zersetzt. Contactmineral am Monzoni und bei Predazzo, ferner bei Oravicza. Künstlich in Schlacken.

Nephelin-Leucitgruppe.

Das Gemeinsame der in dieser Gruppe zusammengefassten Mineralien besteht nicht in isomorpher Verwandtschaft, sondern darin, dass es sich im Wesentlichen um Thonerde-Alkalisilicate, also der Feldspathsubstanz nahe stehende Silicate handelt und darin, dass sie eine den Feldspäthen analoge und diese vertretende Rolle in den Eruptivgesteinen spielen.

Nephelin. Eläolith. $Na_8Al_8Si_9O_{34}$.

Hexagonal, pyramidal-hemiedr., zugleich hemimorph. $a:c = 1:0,8389$ (Kokscharow). — XX erscheinen holoedrisch mit kurzsäuligem Habitus, gewöhnlich nur von $(10\bar{1}0)\infty P$ und $(0001)oP$ begrenzt, seltener $(20\bar{2}1)2P$, $(11\bar{2}1)2P2$, $(11\bar{2}0)\infty P2$. In Wirklichkeit bilden sie, wie es die Aetzfiguren erkennen lassen, Ergänzungszwillinge hemimorpher Individuen der pyramidalen Hemiedrie. — Derbe Stücke und eingesprengt.

⋕ $(10\bar{1}0)\infty P$ und $(0001)oP$ unvollk., Br. muschlig bis uneben. H. = 5—6, G. = 2,6. Auf den Flächen Glasgl., auf dem Br. starker und charakteristischer Fettgl. Farblos, weiss und lichtgrau oder grünlichgrau, gelblich, röthlich blaugrün. D.-Br. schwach, negativ.

Zus. nicht ganz constant; im Durchschnitt 44—45 SiO_2, 34 Al_2O_3, 16 Na_2O, daneben 4—5 K_2O, etwas CaO (½—2%) und Wasser. — V. d. L. schmilzt die als Eläolith bezeichnete Var. leichter zu blasigem Glas als der gewöhnliche Nephelin. Von Salzsäure unter Abscheidung von Kieselgallerte zersetzt; aus der Lösung scheiden sich beim Eintrocknen Kochsalzwürfelchen aus (Unterschied vom Apatit). Das Pulver reagirt alkalisch.

Nach dem Vorkommen und gewissen äusseren Unterschieden hält man zwei Varietäten aus einander: Eläolith und Nephelin.

Als Eläolith bezeichnet man die eingewachsenen, grau, röthlich, bläulich etc. gefärbten, trüben und meist nicht individualisirten Nepheline der älteren Eruptivgesteine, der sogen. Eläolithsyenite. Südliches Norwegen (Laurvig, Frederiksvärn), Serra de Monchique in Portugal, Ditró in Siebenbürgen, Miask, Grönland, Hot Springs in Arkansas, Serra de Tinguá in Brasilien.

Nephelin im engern Sinn sind die farblosen, weisslichen oder grauen, vielfach deutlich krystallisirten Vorkommnisse, die als Gemeng-

theil in tertiären Eruptivgesteinen wie Phonolithen, Nephelinbasalten etc. eingewachsen sind. Dahin die charakteristischen Fundorte wie der Katzenbuckel im Odenwald, Meiches im Vogelsgebirge, Löbauer Berg in Sachsen. Aufgewachsen und zu kleinen Drusen vereinigt in vulkanischen Auswürflingen des Laacher Sees, der Somma und des Albaner Gebirges.

Eläolith geht durch Umwandlung in eine Spreustein-(Natrolith)-artige Substanz, die Hydronephelit genannt ist, über; auch Umwandlung in Sodalith kommt vor. Gieseckit aus Grönland und Liebenerit von Predazzo in Tirol sind in Mucovitsubstanz umgewandelte Nephelinkrystalle aus porphyrischen Gesteinen. — Die künstliche Darstellung des Nephelin gelingt leicht. — Seiner sechsseitigen Umrisse und des fettigen Bruches wegen kann Nephelin mit Quarz, Cordierit und Apatit verwechselt werden.

Kaliophilit von Monte Somma ist wahrscheinlich ein Nephelin mit vorwiegendem K-Gehalt.

Cancrinit gilt als ein CO_2- und H_2O-haltiger Eläolith, aber nicht durch Verwitterung aus diesem entstanden; derb, in individualisirten Körnern oder blätterigen und stengligen Aggregaten; # $(10\bar{1}0)\infty P$ vollk., sonst dem Eläolith sehr ähnlich, namentlich röthlich und gelblich. In den Eläolithsyeniten von Norwegen, Ditró, Miask, Litchfield in Canada.

Davyn aus der Vesuv-Lava und den Somma-Auswürflingen, in gestreckten bis nadeligen XX, die neben $(10\bar{1}0)\infty P$ und $(0001)oP$ auch $(11\bar{2}0)\infty P2$ und $(10\bar{1}2)^1/_2P$ zeigen, graulichweiss bis wasserhell, ist ein Nephelin mit wesentlicher Beimischung von CaO und K_2O und wechselndem Gehalt von Cl, SO_3 und CO_2. — Damit ident ist der Mikrosommit, in winzigen, oft büschelig gruppirten XX. Vesuv-Eruption 1872, ferner das, was Cavolinit, Pseudonephelin und Pseudosommit genannt ist.

Phacelit. $KAlSiO_4$. Hexagonal. XX sehr dünn, nadelförmig, $(10\bar{1}0)\infty P$ und $(0001)oP$, zu Bündeln gruppirt. # $(0001)oP$. H. = 6, G. = 2,49. Glasgl. Farblos bis weiss. Seidengl. Gelatinirt mit Salzsäure. Monte Somma.

Eukryptit. $LiAlSiO_4$. Mikroskopische faserige XX. G. = 2,667. Weiss. Gelatinirt mit Salzsäure. Geht aus der Verwitterung von Spodumen hervor. Branchville, Conn.

Sodalith. $3Na_2Al_2Si_2O_8 . 2NaCl$.

Regulär, die Aetzfiguren weisen auf tetraedrische Hemiedrie. — XX mit rhombendodekaedrischem Habitus. *(110)∞O*, daneben zuweilen *(100)∞O∞*, *(211)2O2*, *(111)O*. Zw. nach *(111)O* häufig, gewöhnlich in die Länge gezogen. — Zumeist derb, in Körnern und Aggregaten.

(110)∞O ziemlich vollk. Br. muschlig bis uneben. H. = 5—6, G. = 2,2—2,4. Auf den Flächen Glasgl., auf dem Br. Fettgl. Durchs. bis undurchs., meist durchschein. Farblos, weiss, graulich-, gelblich- und grünlichweiss; hell- bis dunkelblau; grün und lichtroth. In einzelnen Fällen optisch anomal.

25,6 Na_2O, 31,6 Al_2O_3, 37,1 SiO_2, 7,3 Cl (101,6). — Entfärbt sich beim Erhitzen; schmilzt v. d. L. zu blasigem Glas. Aus dem gepulverten Mineral wird durch Wasser NaCl ausgezogen, dennoch ist es strittig,

ob Chlor nicht in directer Bindung an Al vorhanden ist; geht durch Säuren in Lösung, aus der sich nachträglich Kieselgallerte abscheidet.

Häufiger Begleiter des Nephelins in Eläolithsyeniten von Ditró in Siebenbürgen, Serra de Monchique in Portugal, Norwegen, Miask, Kangerdluarsuk in Grönland; in Trachyten und Phonolithen gewöhnlich nur mikroskopisch. Aufgewachsen in Auswürflingen der Somma, des Albaner Gebirges und bei Rieden am Laacher See.

Nosean (Spinellan) und **Hauyn.** $Na_2Al_2Si_2O_8 . Na_2SO_4$.

Regulär, wahrscheinlich tetraedrisch-hemiedrisch. — Gewöhnlich derb in unregelmässigen Körnern, sonst in XX: *(110)*∞O, selten *(100)*∞O∞, *(120)*∞O2, *(111)*O. Zw. nach *(111)*O häufig, als Durchwachsungs- wie polysynthetische Zw.

(110)∞O deutlich, Br. muschlig bis uneben. H. = 5—6, G. = 2,3 bis 2,5. Fettiger Glasgl. Durchs. bis undurchs. Keine Charakterfarbe, gewöhnlich aschgrau, grünlich und schwarz (Nosean) oder blau (Hauyn); sonst weiss, bräunlich und grün. Str. weiss bis bläulichweiss. Optisch öfters anomal.

27,3 Na_2O, 27,0 Al_2O_3, 31,6 SiO_2, 14,1 SO_3, gewöhnlich auch CaO, bis zu 10%. Entfärbt sich nur sehr schwer beim Erhitzen und schmilzt schwierig zu blasigem Glas. Von Säuren unter Gallertbildung zersetzt. Das Pulver reagirt deutlich alkalisch; durch kochendes Wasser wird Na_2SO_4 ausgelaugt.

Nur in jüngeren Ergussgesteinen. Aufgewachsen in den Trachytauswürflingen des Laacher Sees, der Somma und im Albaner Gebirge. Häufiger eingewachsen, theils als makro-, theils als mikroskopischer Gemengtheil in Phonolithen, Nephelin- und Leucitbasalten, Tephriten, besonders reichlich in Hauynophyren und Noseaniten, z. B. in den Leucitophyren des Laacher Sees, in der Mühlsteinlava von Niedermendig, im Hauynophyr vom Vultur bei Melfi.

Ittnerit und Skolopsit von Oberbergen am Kaiserstuhl sind in verschiedenem Grade zeolithisirte (Gismondin?) Noseane.

Lasurstein. Lasurit. Lapis Lazuli. Gemenge, daher keine Formel.

Regulär. — XX selten, eingewachsen, *(110)*∞O. Aggregate klein- bis feinkörnig, mit eingesprengten kleinen Schwefelkiespartikeln.

(110)∞O unvollk. H. = 5½, G. = 2,38—2,42. Glasartiger Fettgl., undurchs. bis kantendurchschein. Lasurblau.

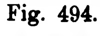
Das Mineral erweist sich u. d. M. als Gemenge; in der Hauptsache ist es eine isomorphe Mischung von Hauyn mit Sodalith und natürlicher Ultramarinsubstanz. — V. d. L. sich entfärbend und zu einer weissen blasigen Perle schmelzend. Von Salzsäure zersetzt.

Contactmineral. Hauptvorkommen in centralasiatischen Kalksteinen, Badakschan nördlich vom Hindukusch und am Südende des Baikalsees, untergeordnet in den Sommaauswürflingen und im Peperin der Albaner Berge, ferner aus Chile.

Verwendung als Schmuckstein und früher auch als natürliches Ultramarin.

Leucit. Amphigen. $K_2Al_2Si_4O_{12}$

Dimorph, regulär und rhombisch. Gewöhnlich in ringsum ausgebildeten eingewachsenen Einzelkrystallen, selten aufgewachsen oder in körnigen Aggregaten. Die ×× zeigen in ausgeprägter Weise das Deltoidikositetraeder *(211)2O2* (sogen. Leucitoeder), selten dazu und untergeordnet $(110)\infty O$, stellen aber bei gewöhnlicher Temperatur, wie genaue Winkelmessungen und die optische Untersuchung lehren, die rhombische Combination *(111)P*, $(421)4\bar{P}2$, $(241)4\breve{P}2$ dar, wozu das scheinbare $(110)\infty O$ noch die ferneren Formen $(110)\infty P$, $(201)2\bar{P}\infty$, $(021)2\breve{P}\infty$ liefert. Bei einer Temperaturerhöhung auf 500° und darüber werden die durch zahlreiche, nach allen Flächen des scheinbaren $(110)\infty O$ eingeschaltete Zwillingslamellen im polarisirten Licht wie gegittert aussehenden Krystallplatten isotrop und die ×× sind nun thatsächlich regulär. Bei Erniedrigung der Temperatur tritt von Neuem Anisotropie und Zwillingsbau ein. Letzterer ist zuweilen durch Strichsysteme auf den Krystallflächen auch äusserlich sichtbar (Fig. 494).



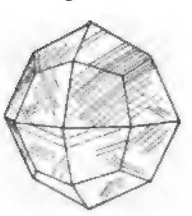


Fig. 494.

Br. muschlig, spröd. H. = $5\frac{1}{2}$–6, G. = 2,45–2,50. Durchschein., klare ×× sehr selten. Glasgl., ins Fettige geneigt. Weisslich, ins Graue, Gelbliche, Röthliche. D.-Br. positiv, schwach.

Chem. Zus., analog den Alkaliaugiten (Spodumen und Aegirin), mit 21,6 K_2O, 23,4 Al_2O_3 und 55 SiO_2; regelmässig wird etwas K durch Na ersetzt. — V. d. L. unschmelzbar, von Säuren zersetzt.

Fast ganz beschränkt auf jungvulkanische, tertiäre und recente Eruptivgesteine, namentlich Europas und wesentlicher, wenn auch öfters mikroskopischer Gemengtheil von Leucitbasalten und Tephriten, von Phonolithen etc. Besonders ausgezeichnet: Vesuv-Laven, Albaner Gebirge, Rocca Monfina, Rieden am Laacher See, Kaiserstuhl. Grosse, aber in Sanidin und Glimmer pseudomorphosirte ×× ausgewittert und lose bei Oberwiesenthal im Erzgebirge. Sehr spärlich in alten Eruptivgesteinen bezw. Tiefengesteinen, so in den Leucitsyeniten von Arkansas.

Leucit umschliesst häufig seinen Umrissen im Dünnschliff parallel angeordnete Augit- und Magnetit-Mikrolithe. Er verwittert leicht und geht in Berührung mit Na-haltigen Lösungen in Analcim über, während letzterer durch K-haltige Lösungen auch in Leucit umgewandelt werden kann. In anderen Fällen kann Leucit in ein Aggregat von Orthoklas und Nephelin zerfallen.

Anm. Leucit wurde bis Anfang der 70er Jahre ganz allgemein als Typus eines regulär krystallisirenden Minerals angesehen. G. vom Rath bemerkte an vesuvischen XX eine im regulären System nicht mögliche Zwillingslamellirung nach (110)∞O und deutete auf Grund seiner Messungen die Leucitkrystalle als tetragonale Combination (111)P, (421)4P2, denen Zwillingslamellen nur nach (201)2P∞ eingeschaltet sein sollten. Damit stimmte das von Baumhauer constatirte verschiedene Verhalten der Leucitoederflächen gegen Lösungsmittel überein. Nachdem dann von Hirschwald darauf hingewiesen war, dass Zwillingslamellen nicht nur nach (201)2P∞, sondern, dem Wesen des tetragonalen Systems zuwider, auch nach (110)∞P eingeschaltet seien, konnte Weisbach aus genauen Messungen den Beweis des rhombischen Systems erbringen. Die weiteren optischen Untersuchungen, wie sie von Klein durchgeführt wurden, bestätigten die rhombische Symmetrie des Leucit, zeigten aber auch zugleich die Isotropie desselben bei erhöhter Temperatur. Danach muss man annehmen, dass der Leucit ursprünglich aus dem Schmelzfluss regulär auskrystallisirt, beim Abkühlen aber in die rhombische Modification übergegangen ist.

Pollux (Pollucit). $H_2Cs_4Al_4Si_9O_{27}$. Regulär. Die seltenen XX dieses sehr seltenen, hyalitähnlichen Minerals zeigen (100)∞O∞, (211)2O2. Gewöhnlich in unregelmässigen Körnern mit muschligem Br. H. = 6, G. = 2,9. Durchs., starker Glasgl. Farblos. Zusammen mit Kastor auf Drusenräumen des Granits von Elba.

Petalit (Kastor). $Li_2Al_2Si_8O_{20}$. Monoklin. β = 112° 26′. Die sehr seltenen XX (Kastor) von säuligem oder dicktafeligem Habitus der Combination (110)∞P 86° 20′, (010)∞P$\breve{\infty}$, (001)oP, (021)−2P$\breve{\infty}$ sind unvollständig ausgebildet, löcherig und zackig und zeigen in den Formen und Winkeln grosse Aehnlichkeit mit der Augitgruppe. Derb (Petalit) in grobkörnigen Aggregaten. ⌗ (001)oP vollk., nach anderen Flächen weniger vollk. H. = 6½, G. = 2,4. Glasgl. Durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, röthlich. Färbt v. d. L. die Flamme roth und schmilzt zur trüben Perle. Säuren unwirksam. Aus Graniten. Insel Elba. Utö. Bolton, Mass. — Hydrokastorit, rhombische (?) Nädelchen, ist ein wasserhaltiges, aber Li-freies Verwitterungsproduct von Kastor. Elba.

Milarit. $HKCa_2Al_2Si_{12}O_{30}$. Rhombisch. Die scheinbar einfachen XX der scheinbar hexagonalen Combinationen (11$\bar{2}$0)∞P2, (10$\bar{1}$1)P, (10$\bar{1}$0)∞P, (0001)oP sind Drillinge nach (110)∞P. Br. muschlig bis uneben. H. = 5½—6, G. = 2,59. Durchs. Farblos ins Grünliche. Schmilzt leicht, von Säuren theilweise zersetzt. Aus Granit von Val Giuf bei Ruäras in der Schweiz.

Feldspathgruppe.

Die Feldspäthe liefern ein charakteristisches Beispiel für eine natürliche Mineralfamilie. Sie sind abgesehen von dem ganz unwichtigen Barytfeldspath Hyalophan isomorphe Mischungen nachstehender, in der Natur annähernd auch selbständig vorkommender Silicate:

1. Kalifeldspath $K_2Al_2Si_6O_{16}$.	Sauerstoffverhältniss	1 : 3.
2. Natronfeldspath $Na_2Al_2Si_6O_{16}$.	„	1 : 3.
3. Kalkfeldspath $CaAl_2Si_2O_8$.	„	1 : 1.

Das hinzugefügte Sauerstoffverhältniss zeigt, dass der Kali- und Natronfeldspath Trisilicate, der Kalkfeldspath dagegen ein Singulosilicat ist. Es muss daher auffallen, dass trotz des ungleichen SiO_2-Verhältnisses gerade der Na-Feldspath mit dem Ca-Feldspath die mannichfachsten und verbreitetsten isomorphen Mischungen eingeht, während solche von Kalifeldspäthen und Kalkfeldspäthen hinwiederum kaum bekannt sind. Dass es sich dabei aber um wirkliche isomorphe Mischungen (Tschermak's Feldspaththeorie), nicht um mechanische Verwachsungen handelt, wird dadurch bewiesen, dass die gesammten Eigenschaften der aus der Mischung resultirenden Glieder in engster

Abhängigkeit von dem Mischungsverhältniss stehen (cfr. Plagioklas, S. 515). Die isomorphe Mischung kann man sich übrigens auch in der Formel verständlich machen, wenn man diejenige des Ca-Feldspaths verdoppelt oder die beiden Formeln $NaAlSiSi_2O_8$ und $CaAlAlSi_2O_8$ schreibt.

Die Glieder der Feldspathgruppe krystallisiren theils monoklin, theils triklin. Trotz der abweichenden Symmetrie herrscht aber zwischen monoklinen und triklinen Feldspäthen eine grosse Analogie im Habitus und in den Winkeln, wie denn auch die engen morphologischen Beziehungen derselben sich darin ausdrücken, dass nicht selten parallele Verwachsungen und gegenseitige Ueberrindungen vorkommen. Ein Hauptkennzeichen aller Feldspäthe ist ihre vollkommene ⌗ nach der Basis und der Längsfläche. Während der Spaltwinkel bei den monoklinen Feldspäthen 90° beträgt, weicht er nur um ein Geringes davon bei den triklinen Feldspäthen ab; man spricht demzufolge auch von orthoklastischen und plagioklastischen Feldspäthen. Für die triklinen Feldspäthe ist eine vielfach wiederholte Zwillingsbildung nach der Längsfläche charakteristisch; nach Michel-Lévy können jedoch auch die monoklinen Feldspäthe als polysynthetische Zw. des triklinen Systems gedeutet werden, wenn man für die Lamellen äusserste Dünne annimmt. In Verfolg dieser Deutung würde es überhaupt nur trikline Feldspäthe geben, eine Auffassung, der sich neuerdings mehrere Autoren zuwenden.

Nicht nur wegen ihrer rein mineralogischen Eigenschaften, sondern auch wegen ihrer geologischen Verbreitung als wesentliche Gemengtheile fast aller Massengesteine und der daraus hervorgegangenen Schichtgesteine bilden die Feldspäthe die weitaus wichtigste Gruppe unter den Silicaten. — Eine Uebersicht über die im Einzelnen zu unterscheidenden Glieder giebt nachstehende Tabelle:

	Monokline Feldspäthe (Orthoklastische Feldspäthe)		Trikline Feldspäthe (Plagioklastische Feldspäthe)	
Kalifeldspath $K_2Al_2Si_6O_{16}$	Orthoklas	Natronorthoklas	Mikroklin	Anorthoklas
Natronfeldspath $Na_2Al_2Si_6O_{16}$	—		Albit	Anorthoklas / Plagioklas
Kalkfeldspath $CaAl_2Si_2O_8$	—		Anorthit	Plagioklas

a) Monokline Reihe (Orthoklastische Feldspäthe).

Die monoklinen Feldspäthe, durch ihre rechtwinklige Spaltbarkeit ausgezeichnet, werden im Wesentlichen durch den Kalifeldspath, Orthoklas, repräsentirt; von untergeordneter Bedeutung ist dessen Mischung mit dem entsprechenden Natronfeldspath und dem Barytfeldspath $BaAl_2Si_2O_8$. Kalkfeldspath betheiligt sich an den monoklinen Mischungen nur in verschwindendem Maasse.

Orthoklas. $K_2Al_2Si_6O_{16}$.

Monoklin, holoedrisch, bezw. triklin mit monoklinem Habitus. $a : b : c = 0,6585 : 1 : 0,5554$. $\beta = 106^0\ 3'$ (Kokscharow). — XX ein- und aufgewachsen, zum Theil fussgross und darüber. $P = (001)oP$,

$M = (010)\infty P\grave{\infty}$, $T = (110)\infty P$ 118° 47′, $z = (130)\infty P\grave{3}$, $k = (100)\infty P\bar{\infty}$, $x = (\bar{1}01)P\bar{\infty}$, $y = (\bar{2}01)2P\bar{\infty}$, $n = (021)2P\grave{\infty}$ 90° 7′ oben, $o = (\bar{1}11)P$ 127° 17′. Sonstige Winkel: $P^{\vee}k$ = 116° 3′, $x^{\vee}k$ = 114° 14′, $P^{\vee}x$ = 129° 43′, $P^{\vee}y$ = 99° 42′, $P^{\vee}n$ = 135° 3½′, $M^{\vee}n$ = 134° 56½′, $T^{\vee}x$ = 110° 41′, $x^{\vee}o$ = 153° 7′, $M^{\vee}o$ = 116° 53′. Die Winkel und somit auch die Axenelemente schwanken etwas in Abhängigkeit von den isomorphen Beimischungen. Auf *P* in Folge vollkommener # glasiger Perlmgl., auf *M* Glasgl. und feine verticale Risse, auf *x* öfters Horizontalstreifung. Ausgezeichnete Zonen: [*MzTk*], [*Pxyk*], [*Tnoy*], [*TPO*], [*PnM*] cfr. Fig. 17, S. 26, auch Fig. 495. Krystallhabitus verschieden je nach der Art des Vorkommens: die eingewachsenen XX sind wenig flächenreich, gewöhnlich nur *PMTnyo*, entweder mit dicktafeligem Habitus nach *M* (Fig. 497 u. 498) oder rectangulär säulig nach der Klinoaxe (Fig. 499) gestreckt. Die aufgewachsenen XX sind oft flächenreicher; ihr Habitus ist am gewöhnlichsten rhombisch säulig durch Vorherrschen

Fig. 495.

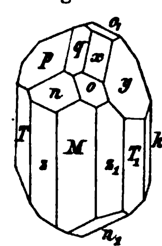


Fig. 496.

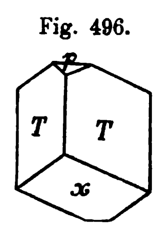


Fig. 497.

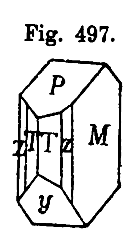


Fig. 498.

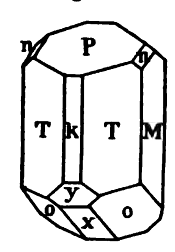
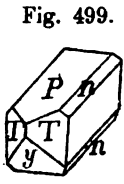


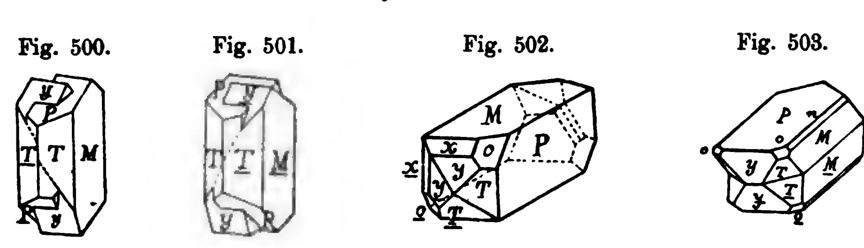
Fig. 499.



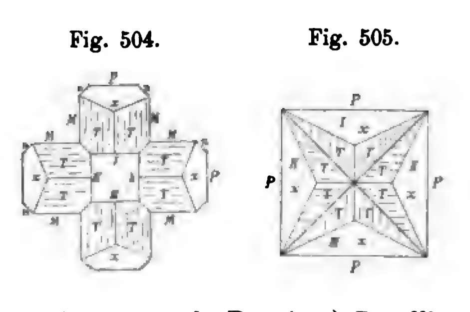
von *T* neben *P* und *x* oder auch recht oft (am Adular) rhomboedrisch (Fig. 496) durch *T* und *x*.

Zw. nach mehreren Gesetzen. 1. Karlsbader Zwillinge, Zwillingsfläche $k = (100)\infty P\bar{\infty}$ (oder gleichbedeutend eine Fläche senkrecht zur Axe *c*), Verwachsungsfläche fast stets *M*. Da jedes Individuum als monokliner XX eine rechte und linke Seite hat und beide Individuen sich nur partiell durchdringen, so werden rechte und linke Karlsbader unterschieden, zu deren Bestimmung man sich in die XX mit dem Gesicht nach der Basis *P* gestellt denkt. Fig. 500 ist ein rechter, Fig. 501 ein linker Karlsbader. Diese häufigsten Zw. sind vorzugsweise an den eingewachsenen XX mit dicktafeligem Habitus vertreten. Auffällig ist es, dass da, wo sie an aufgewachsenen XX vorkommen, gewöhnlich die *P*-Fläche des einen Individuums in die Ebene von *x* des anderen Individuums fällt, was nach der verschiedenen Neigung von *x* und *P* zur Verticalaxe nicht statthaben dürfte. — 2. Bavenoer Zw. (Fig. 502), Zwillingsfläche $n = (021)2P\grave{\infty}$; beide Individuen greifen gewöhnlich mit unregelmässiger Naht in einander. An eingewachsenen XX nur bei dem rectangulär säuligen Habitus vertreten; weit häufiger an den aufgewachsenen XX, insbesondere beim Adular, und

hier sowohl bei dem rectangulär- wie bei dem rhombisch-säuligen Habitus. Da die Zwillingsfläche *n* die Kante *PM* nahezu gerade abstumpft und da gewöhnlich die einspringenden Winkel ausgefüllt sind, so gleichen die Zw. rectangulär säuligen XX einfacher Individuen, sind aber leicht an der Aufeinanderfolge der Flächen $P\underline{P}\underline{M}P$ zu erkennen. Oefters findet auch cyclische Wiederholung desselben Gesetzes statt;



bei derartigen Drillingen liegen alsdann die Individuen I und III nahezu symmetrisch zu *P* (d. h. wie beim Manebacher Zwillingsgesetz), während bei den Vierlingen das Gleiche hinsichtlich I und III, II und IV gilt; letztere könnten demnach gedeutet werden als 2 Manebacher Zw., die sich nach dem Bavenoer Gesetz durchkreuzen, vergl. die Fig. 504 u. 505. — 3. **Manebacher Zw.** (Fig. 503), Zwillingsfläche und Verwachsungsfläche $P = (001)oP$; meist an eingewachsenen XX die nach *P* dicktafelig und nach der Klinoaxe gestreckt sind; bei den aufgewachsenen an solchen mit rhomboedrischem Habitus. Andere Zw. nach $T = (110)\infty P$, $z = (130)\infty P\grave{3}$, $o = (\bar{1}\bar{1}1)P$ und $y = (\bar{2}01)2P\grave{\infty}$ sind gelegentlich beobachtet an eingewachsenen XX (im Granit des Riesen- und des Fichtelgebirges); ebenso Doppelzwillinge, z. B. 2 Karlsbader, die nach dem Bavenoer Gesetz von Neuem verbunden sind u. a., werden ebenfalls beobachtet. — Derb, oft in grossen individualisirten Stücken, in späthigen körnigen Aggregaten.



nach der *Pri Mi Tif*-Form, und zwar nach $P = (001)o$P vollk., nach $M = (010)\infty P\grave{\infty}$ etwas weniger vollk., nach $T = (110)\infty P$ unvollk. und vielfach nicht deutlich wahrnehmbar. Br. muschlig, uneben bis splittrig; spröd. H. = 6, G. = 2,53—2,58. Durchs. bis undurchs. Auf *P* öfters Perlmgl., sonst Glasgl. Farblos; durch Verwitterung und Interpositionen weiss, gelblich, grünlich, am häufigsten fleisch- und bräunlichroth; selten smaragdgrün (**Amazonenstein** von Bodenmais), klare XX lassen zuweilen auf Flächen senkrecht zu *M* einen milden bläulichen Schein erkennen (**Mondstein** von Ceylon etc.); selten zeigen Spaltungsstücke die Erscheinung des Farbenwandels (Labradorisiren) wie der Orthoklas aus den Augitsyeniten von Frederiksvärn.

Auf *P* gerade Auslöschung, auf *M* um 5° 18′ gegen Kante *PM*, um 69° gegen Kante *MT*, d. i. Verticalaxe geneigt. A-E meist normal

auf *M*, bildet mit *P* 5°; durch Erwärmen und Druck geht sie in eine zu *M* parallele Lage über; dabei nimmt der Axenwinkel stetig ab und die ursprüngliche horizontale Dispersion verändert sich in geneigte, während die Lage der 1 M-L mit ihrer Neigung von 5° 18′ gegen Kante *PM* fast unverändert erhalten bleibt. Mit der Veränderlichkeit des Axenwinkels durch Temperatur und Druck dürfte es zusammenhängen, dass beim gemeinen Feldspath 2E = 121°, beim Adular 2E = 71°, beim Sanidin 2E = 20½° ist.

64,72 SiO_2, 18,35 Al_2O_3, 16,93 K_2O; gewöhnlich ein Na_2O-Gehalt (1—6%) in Folge isomorpher Beimischung oder (sogen. Perthit) lamellarer Einlagerung von Albitlamellen. Daneben auch wohl 0,3—2 CaO, 0—1 MgO, BaO und Fe_2O_3. — V. d. L. sehr schwer schmelzbar; gewöhnliche Säuren unwirksam.

Häufigstes Silicat. Eingewachsen als wesentlicher Gemengtheil vieler Gesteine; im besonderen in Granit, Syenit, in Porphyren, Trachyten und Gneissen; aufgewachsen hauptsächlich auf Drusenräumen des Granits und auf Klüften von krystallinen Schiefern. Auf Erzgängen (z. B. Felsöbánya) selten.

Man unterscheidet ohne scharfe Grenze folgende Abarten:

1. Adular. Nur aufgewachsen; durch besonderen Habitus ausgezeichnet, mit vorherrschenden Flächen *T* und *x* und daher rhomboedrisch erscheinend; von secundären Infiltrationsproducten noch nicht getrübt; hierher werden die durchsichtigen (öfters allerdings durch eingemengten oder bedeckenden Chlorit getrübten) XX besonders aus den Klüften der krystallinen Schiefer (St. Gotthard = Mons Adula und andere Punkte der Alpen) gerechnet, dann aber auch noch die klaren XX aus den Granitdrusen. Zum Adular ist auch zu rechnen: Paradoxit aus Klüften eines Porphyrconglomerates von Euba in Sachsen.

2. Gemeiner Feldspath (Pegmatolith); hierher die trüben und undurchs. eingewachsenen wie aufgewachsenen Vork.; namentlich die Gemengtheile der älteren Eruptivgesteine und der Gneisse. Schöne XX eingewachsen in den Graniten des Riesen- und Fichtelgebirges; bei Striegau, Karlsbad, Baveno, auf Elba etc. Die grossen trüben XX, die sich vielfach auf Höhlungen in Ganggraniten, z. B. bei Hirschberg in Schlesien, finden, zeigen zu einem grossen Theil die Merkmale des Mikroklin. Sonst gehört hierher ein kleiner Theil des durch seine grüne Farbe ausgezeichneten Amazonensteines (Bodenmais) und des labradorisirenden Feldspaths (Frederiksvärn).

3. Sanidin. (Glasiger Feldspath. Eisspath. Rhyakolith.) Ein- und aufgewachsen als Gemengtheil der jung vulkanischen Gesteine, charakterisirt durch seine glasige, öfters rissige Beschaffenheit, den kleinen optischen Axenwinkel und seinen beträchtlichen Na-Gehalt. Grau wie die nach *M* tafeligen Individuen und Karlsbader Zw. im Sanidintrachyt vom Drachenfels oder farblos wie der Eisspath vom Vesuv und manche Auswürflinge des Laacher Sees. —

Der Orthoklas verwächst häufig mit Albit in gesetzmässiger Weise. Albitkrystalle sitzen in paralleler Stellung auf den Flächen des O. (Hirschberg im Riesengebirge); auch das Umgekehrte kommt vor (Marschendorf in Mähren). Vielfach wird der O. von annähernd parallelen Albitlamellen und Lagen durchzogen, sogen. Perthit von Bathurst und Township bei Perth in Canada und vielen anderen

Orten. Im Mikroperthit wird eine derartige Durchwachsung mit Albit erst u. d. M. sichtbar. Loxoklas von Hammond in New-York ist ein adularähnlicher Perthit. Im Schriftgranit ist O. von parallelen Quarzstengeln durchwachsen. — Krablit oder Baulit aus Island ist ein Gemenge von Quarz und Feldspath. Murchisonit nur ein Name für O. von Dawlish in Devonshire.

O. erleidet mancherlei Umwandlungen, wenn auch eigentliche Pseudomorphosen, wie solche von Analcim, Laumontit, Prehnit, Leucit etc. nach O. bekannt sind, nur selten vorkommen. Als pneumatolytische Umwandlungsproducte haben solche in Zinnstein, Turmalin, Topas und Alunit ein besonderes Interesse. Die gewöhnliche bezw. die thermale Verwitterung führt den O. unter Abscheidung von SiO_2 in Muscovit, durch Zuführung von CaO, etwa aus verwitterten Hornblenden auch in Epidot über; am häufigsten findet aber Kaolinbildung (s. S. 261) unter Abscheidung und Ueberführung der Alkalien in lösliche Form (Carbonat und Sulfat) statt. Auf dem letzteren Verwitterungsprocess — Kaolinisirung resp. Thonbildung und Löslichwerden der Alkalien —, wodurch die physikalische und chemische Beschaffenheit eines Ackerbodens aufgebessert wird, beruht der hohe agronomische Werth des O., und dies um so mehr, da derselbe als eines der gemeinsten Mineralien zu den wesentlichsten Bildnern der Bodenkrume überhaupt gehört. — Es ist gelungen, O. künstlich darzustellen; interessant die Bildung desselben im Hochofen von Sangerhausen.

Wo O. in grösseren Massen vorkommt, wie in den granitischen Gängen Skandinaviens und Canadas, wird er gebrochen und zur Porcellanfabrikation benutzt.

Natronorthoklas. $(NaK)_2Al_2Si_6O_{16}$. $\beta = 116^0\ 17'$. Umfasst alle diejenigen monoklinen Feldspäthe, die einen wesentlichen, K_2O an Menge zumeist übertreffenden Gehalt an Na_2O in Folge isomorpher Beimischung, nicht in Form von Albitlamellen besitzen. G. = 2,58—2,59. Auslöschungsschiefe auf *M*: $+9^0$ bis $+12^0$. Hierher gehören gewisse Feldspäthe der Laven von Pantelleria und der Augitsyenite des südlichen Norwegens.

Hyalophan (Barytfeldspath). Isomorphe Mischung von $K_2Al_2Si_6O_{16}$ mit $BaAl_2Si_2O_8$, enthaltend 9—20 BaO, 7—9 K_2O, 46—52 SiO_2; daneben etwas Na_2O und CaO. $\beta = 115^0\ 35'$. In allen äusseren Verhältnissen vom Orthoklas nicht abweichend. Auslöschung auf *M* 5° gegen die Kante *PM*. Auf Drusen im Dolomit von Imfeld im Binnenthal, auf Gangtrümmern bei Jacobsberg in Wermland. — Cassinit, ein etwa 3,7 BaO und 4,4 Na_2O enthaltender Kalifeldspath aus Pennsylvanien.

b) Trikline Reihe (Plagioklastische Feldspäthe).

Unter den triklinen Feldspäthen lassen sich als Hauptglieder unterscheiden: 1. Kalifeldspath, Mikroklin; 2. Natronfeldspath, Albit und 3. Kalkfeldspath, Anorthit. Die Substanz des Albit geht sowohl mit der des Mikroklin wie der des Anorthit isomorphe Mischungen ein, während ebenso wie bei den monoklinen Feldspäthen Mischungen zwischen Kali- und Kalkfeldspath bedeutungslos sind. — Albit und Anorthit sammt ihren Mischungsgliedern bilden eine besondere, weitaus wichtigste Gruppe, die Kalk-Natronfeldspäthe oder Plagioklase im engeren Sinn; sie gehören nach ihren gesammten Verhältnissen eng zusammen und sollen daher eine gemeinsame Darstellung erfahren.

Mikroklin. $K_2Al_2Si_6O_{16}$.

Triklin. $a : b : c = ca.\ 0{,}65 : 1 : ca.\ 0{,}55$. $\alpha = 90^0\ 7'$, $\beta = 115^0\ 50'$, $\gamma = 89^0\ 55'$ (Klockmann). — Die ein- und aufgewachsenen, gewöhn-

lich grossen und scheinbar einfachen XX bauen sich fast ausnahmslos aus zahlreichen mikroskopischen Zwillingslamellen nach dem Albit- resp. dem Periklingesetz, gewöhnlich aber nach beiden Gesetzen (cfr. S. 515) zugleich auf, wodurch im Dünnschliff eine überaus charakteristische Gitterstructur entsteht, welche neben den Auslöschungsschiefen das sicherste und bequemste Merkmal gegenüber dem im Habitus und in den Winkeln kaum unterscheidbaren Orthoklas abgiebt. Aeusserlich mit dem blossen Auge wahrnehmbar zeigt sich nur selten die Zwillingsstreifung auf den Flächen, wohl aber tritt an manchen Mikroklinen (Mikroklinperthit) die durch lamellare Verwachsung mit Orthoklas erzeugte Perthitstructur hervor. Die Flächen sind an den Pseudo-Einzelkrystallen dieselben wie am Orthoklas, nicht selten jedoch mit unsymmetrischer Vertheilung beiderseits der Längsfläche *(010)*$\infty P\breve{\infty}$. Winkelabweichungen sind bei der Grösse und matten Oberflächenbeschaffenheit der XX schwer zu constatiren; die Abweichung des Spaltwinkels *PM* von 90° beträgt 7—30′. Zw. nach dem Karlsbader und Bavenoer Gesetz sind häufig. — Derb und eingesprengt.

wie am Orthoklas nach *P* und *M* vollk., dagegen die nicht immer wahrnehmbare # der Prismenflächen $T = (1\bar{1}0)\infty,P$ deutlicher als auf $l = (110)\infty P,$. H. = 6, G. = 2,57. Glanz, Pellucidität, Farbe wie am Orthoklas; öfters grün wie am sogen. Amazonit oder Amazonenstein. A-E fast genau senkrecht zur Basis. Auslöschung auf *P* 15—16°, auf *M* 5° gegen Kante *PM*.

Chem. Zus. und Löthrohrverhalten wie beim Orthoklas.

Vorkommen das des Orthoklas, mit dem er früher vereinigt wurde und von dem er sich ohne optische Untersuchung gewöhnlich nicht unterscheiden lässt; nur scheint Mikroklin den jungvulkanischen Gesteinen zu fehlen. Aufgewachsene XX auf Drusen von Granit und granitischen Gängen: Hirschberg und Striegau in Schlesien, Arendal, Ural, Magnet-Cove in Arkansas, eingewachsen in vielen Gneissen, Graniten (namentlich in pegmatitischen und Schriftgraniten), Syeniten und Eläolithsyeniten, selten in Quarzporphyren. — Amazonenstein: Ilmengebirge, Pike's Peak in Colorado, Delaware, Pa., Sungangarsoak.

Mikroklinpertit: Canada u. a. O. — Kleine hierher gehörige XX aus dem Kalk von Pennsylvanien sind Chesterlith genannt. — Verwitterung und Verwendung des Mikroklins wie beim Orthoklas.

Anorthoklas (Natronmikroklin, Mikroklinalbit). $(NaK)_2Al_2Si_6O_{16}$, umfasst solche trikline Feldspäthe, die chemisch aus der isomorphen Mischung der Albit- und Orthoklassubstanz hervorgehen; krystallographisch weichen sie gleich dem Mikroklin in ihrem Spaltwinkel $P^{\vee}M$ kaum bemerkbar von 90° ab. Das Verhältniss von Ab : Or schwankt von 2 : 1 bis 4,5 : 1, regelmässig ist auch Anorthitsubstanz zugegen. Die Einzelkrystalle, deren Form die der übrigen Feldspäthe ist, gelegentlich wohl mit prismatischer Ausbildung nach c bei zurücktretender (010)$\infty P\breve{\infty}$, sind Viellinge nach

dem Albit- und Periklingesetz. Neigung des rhombischen Schnitts (s. S. 516) gegen die Kante $P^{\vee}M$: -4^{0} bis 6^{0}, selten 8^{0}. G. = 2,58—2,6. Auslöschungsschiefe auf P: $+1^{0}\ 30'$ bis $+5^{0}\ 55'$, auf M: $+6^{0}$ bis $+9^{0}\ 48'$. — Kalkarme Anorthoklase aus den Laven von Pantelleria; an diesen wurde beobachtet, dass sie beim Erhitzen monoklin werden, beim Abkühlen jedoch zur triklinen Symmetrie zurückkehren. Kalkreichere A. aus den Augitsyeniten des südlichen Norwegens.

Plagioklas umfasst Albit $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ und Anorthit $CaAl_2Si_2O_8$, sowie deren isomorphe Mischungen. Ein zwischen $93^{0}\ 36'$ bis $94^{0}\ 10'$ schwankender Spaltwinkel $P^{\vee}M$, und ferner die fast ausnahmslos anzutreffende Zwillingsstreifung bilden die äusseren Kennzeichen. — Triklin.

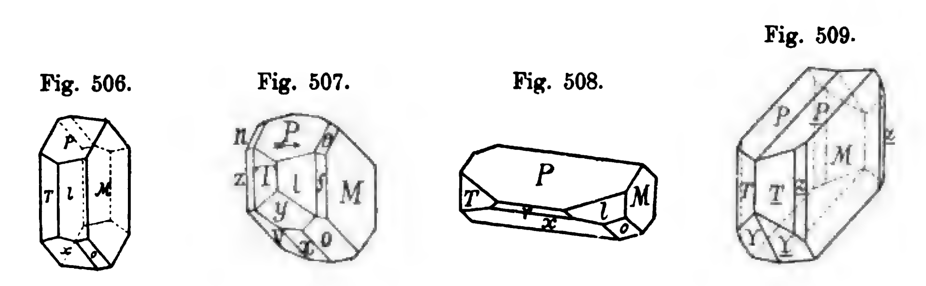
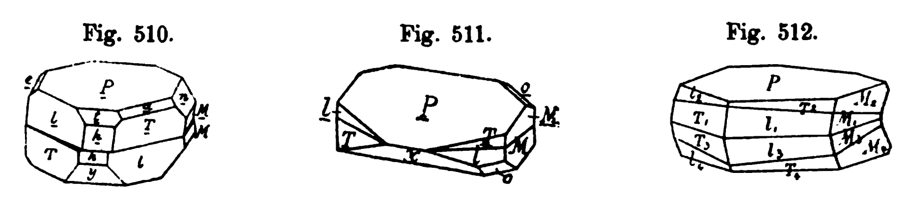


Fig. 506. Fig. 507. Fig. 508. Fig. 509.

Axenelemente nach dem Mischungsverhältniss veränderlich. — XX ein- und aufgewachsen, selten 1—2 cm an Grösse übersteigend. Einfache XX sind sehr selten. Nach dem Habitus lassen sich unter den aufgewachsenen XX 2 Typen unterscheiden. Albittypus (Fig. 506 u. 507), XX die mehr oder minder nach der Verticalaxe gestreckt, zumeist auch dicktafelig nach M sind und Periklintypus (Fig. 508), die nach der Makroaxe quergestreckt, dagegen nach der Verticalaxe stark verkürzt sind. Die gewöhnlichsten Flächen: $M = (010)\infty P\breve{\infty}$, $P = (001)oP$, $k = (100)\infty P\bar{\infty}$, $T = (1\bar{1}0)\infty,P$, $l = (110)\infty P,$, $z = (1\bar{3}0)\infty,P\breve{3}$, $f = (130)\infty P,\breve{3}$, $v = (11\bar{1}),P$, $o = (1\bar{1}1)P,$, $x = (10\bar{1}),P,\bar{\infty}$, $y = (20\bar{1})2,P,\bar{\infty}$, $n = (0\bar{2}1)2'P,\breve{\infty}$, $e = (021)2,P'\breve{\infty}$. Die Winkel, von denen die wichtigsten weiter unten beim Albit und Anorthit aufgeführt sind, schwanken je nach dem Mischungsverhältniss etwas, beispielsweise der mit steigendem Ca-Gehalt wachsende Spaltwinkel $P^{\vee}M$ von rund 93^{0} um $34'$. Die eingewachsenen XX bilden entweder schmale Tafeln mit leistenförmigem Querschnitt wie in den Ergussgesteinen oder sind dicktafelig, wie in den Tiefengesteinen. Zw. nach verschiedenen Gesetzen, bei den beiden gewöhnlichsten mit lamellarer Wiederholung, wodurch die charakteristische Zwillingsstreifung der Plagioklase entsteht, welche zur Unterscheidung derselben von Orthoklasen (namentlich in Gesteinen) von praktischem Nutzen wird. Wenn auch durch die Verwitterung die Zwillingsstreifung äusserlich öfters verschwindet, so lässt sie sich u. d. M. immer noch erkennen. 1. Albitgesetz (am häufigsten). Fig. 509. Zwillingsfläche und Ver-

wachsungsfläche M; auf der Basis entsteht ein einspringender Winkel von 172° 48′ bis 171° 40′. Eine einspringende Rinne parallel der Verticalaxe auf M, wie bei den Albitzwillingen aus dem Dolomit vom Roc-Tourné deutet auf eine kreuzweise Durchwachsung der Zwillingshälften. In Folge der zahlreichen Wiederholung erscheint die Basis parallel der Kante PM gestreift. Namentlich an X X mit Albithabitus.

2. Periklingesetz. Zwillingsfläche senkrecht zur Axe b, Verwachsungsfläche entweder die Basis, wobei überspringende Kanten entstehen (Fig. 510)


Fig. 510. Fig. 511. Fig. 512.

oder häufiger der rhombische Schnitt, d. h. eine Fläche, die das von T und l gebildete Prisma in einem Rhombus schneidet, was ein vollständiges Aufeinanderpassen beider Zwillingshälften zur Folge hat (Fig. 511).

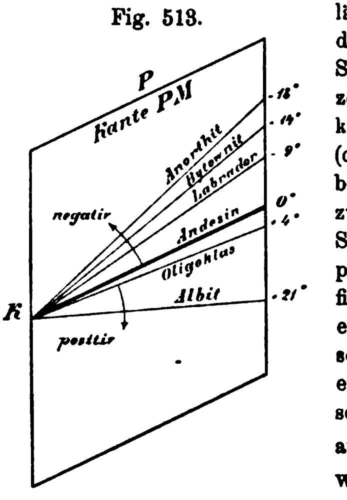


Fig. 513.

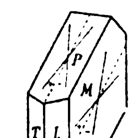
Da der rhombische Schnitt der Basis nicht parallel läuft, so weicht auch dessen Schnittlinie auf M von der Richtung der Kante PM ab. Der Winkel dieser Schnittlinie mit [PM] hängt, wie G. vom Rath gezeigt hat, von dem Mischungsverhältniss ab und könnte dazu dienen, dieses zu berechnen. Beim Albit (cfr. Fig. 513) beträgt er +22°, beim Anorthit —18° bei den Mischungsgliedern liegt er dazwischen, so, zwar, dass beim Andesin die Linie des rhombischen Schnitts auf M der Kante [PM] mehr oder minder parallel geht. Der einspringende Winkel dieser Zw. findet sich auf M. Da nun die Zw. nicht bloss auf einander gelagert sind, sondern sich durchkreuzen, so sind beide gegenüberliegende M-Flächen durch einspringende Winkel ausgezeichnet Auch dieses Gesetz wiederholt sich oftmals, sodass Zwillingsstreifung auf M erscheint. Andere Zwillingsgesetze sind weit seltener: Karlsbader Gesetz, das hier die dreifach verschiedene Form annimmt: Zwillingsfläche senkrecht zu c, Zwillingsfläche k, Zwillingsfläche parallel zu c und senkrecht zu M, ferner Bavenoer Gesetz Zwillingsfläche n und Manebacher Zwillingsfläche P.

Doppelzwillinge sind gewöhnlich, so sind Zwillinge des Albitgesetzes unter sich nach dem Karlsbader Gesetz, Zw. des Periklingesetzes, wie die von Scopi in der Schweiz, nach dem Manebacher Gesetz von Neuem (Fig. 512) verbunden. Vielfach zeigen Plagioklase einen Aufbau aus sich durchkreuzenden Zwillingslamellen, d. h. die Lamellen befinden sich in der Zwillingsstellung sowohl des Albit- wie des Periklingesetzes. Die Zwillingslamellen, dieses charakteristische Kennzeichen der Plagioklase,

sind durchweg feiner bei den dem Albit, durchweg breiter und gröber bei den dem Anorthit nahe stehenden Gliedern. — Ausser in frei ausgebildeten XX derb, in individualisirten Stücken, in krustenförmigen und körnigen Aggregaten.

P und *M* vollk., nach *l* und *o* mehr oder minder deutlich; bei der Verwitterung verschwindet wohl jede #. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 6—7, G. = 2,624—2,75, abhängig von dem Mischungsverhältniss. Glasgl., auf *P* zuweilen Perlmgl., durch Verwitterung matt und trüb. Die dem Sanidin entsprechende glasige Ausbildung von Plagioklasen jüngerer Eruptivgesteine wird wohl als **Mikrotin** bezeichnet. Farblos, weiss, seltener roth und grün. Auf *M* zuweilen Farbenwandel, namentlich bei dem Labrador von der Paulsinsel. Von den sonstigen optischen Eigenschaften ist von besonderer Wichtigkeit, dass die schiefe Auslöschung auf *P* und *M* in genauester Abhängigkeit von dem Mischungsverhältniss steht (cfr. untenstehende Tabelle und Fig. 514).

Fig. 514.



Die isomorphen Mischungen von Albit (Ab) $Na_2Al_2Si_6O_{16}$ und Anorthit (An) $CaAl_2Si_2O_8$ bilden eine fortlaufende Reihe, wenn auch einzelne Mischungsverhältnisse eine gewisse Constanz zeigen; nach dem Vorgange Tschermak's werden jedoch nur 4 Glieder herausgehoben, deren typische Zusammensetzung, wie die gesetzmässige Abänderung der Procentzahlen, des spec. Gew. und der Auslöschung aus nachstehender Tabelle ersichtlich sind. Die Abhängigkeit aller Procentzahlen ermöglicht aus der Kenntniss einer einzigen, insbesondere des SiO_2-Gehalts, alle übrigen und das Mischungsverhältniss von Ab und An zu berechnen; Analoges gilt vom spec. Gew. und von der Auslöschung.

	Typische Zusammensetzung	Gehalt an Anorthitsubstanz	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Na_2O	G.	Schiefe Auslöschung auf *P*	Schiefe Auslöschung auf *M*
Albit	Ab	0	68,6	19,6	—	11,8	2,624	+ 4° 30′	+19°
Oligoklas . .	Ab_3An_1	bis 26,2	61,9	24,2	5,2	8,7	2,659	+ 1° 4′	+ 4° 36′
Andesin . . .	Ab_1An_1	„ 51,5	55,4	28,5	10,4	5,7	2,694	— 5° 10′	—16°
Labrador . .	Ab_1An_3	„ 76,1	49,1	32,8	15,3	2,8	2,728	—17° 40′	—29° 28′
Bytownit . .	Ab_1An_6		46,6	34,4	17,4	1,6	2,742	—27° 33′	—33° 29′
Anorthit . .	An	„ 100	43,0	36,9	20,1	—	2,758	—37°	—36°

Nach Szabó gelingt es mit Hülfe der Flammenfärbung im Bunsen'schen Brenner einen Schluss auf den Na- resp. Ca-Gehalt eines Plagioklases zu ziehen. Auch Säuren

gegenüber macht sich ein Unterschied bemerkbar, indem nur die dem Anorthit nahestehenden Glieder angegriffen oder unter Abscheidung von SiO_2-Gallerte zersetzt werden.

Eingewachsen als wichtigste Gemengtheile vieler Eruptivgesteine, insbesondere der sogen. Plagioklasgesteine und dann oft im Querschnitt mit leistenförmiger Ausbildung; aufgewachsen auf Klüften der krystallinen Schiefer, auf Drusen von Eruptivgesteinen und vulkanischen Auswürflingen.

Im Nachstehenden noch einige zusätzliche Bemerkungen zu den einzelnen Gliedern der Plagioklasreihe; dabei mag erwähnt sein, dass in der Petrographie aus praktischen Gründen neben den Endgliedern häufig nur 2 Mischungsglieder: Oligoklas und Labrador unterschieden werden.

Albit. Ab_1An_0—Ab_8An_1. a : b : c = 0,6330 : 1 : 0,5573. Gewöhnlich in aufgewachsenen XX, die nach ihrem Habitus bald dem Albit-, bald dem Periklinhabitus angehören. Hauptwinkel: P˅M = 93° 36′. P˅M = 110° 50′. P˅l = 114° 42′. P˅x = 52° 17′. P˅y = 97° 54′. T˅l = 120° 47′. T˅M = 119° 40′. l˅M = 119° 33′. H. = 6—7. Mittleres spec. Gew. = 2,62. Neigung des rhombischen Schnittes gegen Kante PM: +32° bis +20°. Auslöschungsschiefe auf P: +4° 30′ bis +3° 12′, auf M: +19° bis +13° 49′. Farblos. Perikline sind entweder weiss oder durch Chlorit grün gefärbt. — Schmilzt schwer an den Kanten: Säuren unwirksam. Aufgewachsen auf Klüften von Silicatgesteinen und als Ueberkrustung von Orthoklas- und Mikroklinkrystallen vielorts, u. a. bei Schmirn in Tirol, Zöptau in Mähren, bei Hirschberg, Striegau, auf Elba. Dem Periklintypus angehörige, aufgewachsene XX namentlich auf Klüften von alpinen Chloritschiefern; eingewachsene XX in gewissen Dolomiten der Alpen (Col du Bonhomme in Savoyen) und der Pyrenäen. Als Gesteinsgemengtheil wurde seine Verbreitung in gewissen Alkaligraniten und Syeniten, Trachyten, häufiger in Gneissen und krystallinen Schiefern, ferner in der Adinole erst neuerdings erkannt. — Zygadit aus den Erzgängen von St. Andreasberg ist ein nur durch abweichenden Habitus der XX ausgezeichneter Albit; ebenso sind Peristerit von Perth in Canada und Olafit von Snarum Albit.

Oligoklas. Ab_6An_1—Ab_2An_1. a : b : c = 0,6322 : 1 : 0,5525. Gewöhnlich eingewachsen in zwillingsgestreiften XX und körnigen Aggregaten: bessere eingewachsene XX von Bodenmais im Magnetkies, aufgewachsene XX mit Epidot bei Arendal, mit Korund bei Miask, mit Augit in den Somma-Auswürflingen. P˅M = 93° 50′. H. = 6. Mittleres spec. Gew. = 2,64. Neigung des rhombischen Schnittes gegen Kante PM: +9° bis +3° 22′. Auslöschungsschiefe auf P: +2° 45′ bis 0° 35′, auf M: +11° 59′ bis —2° 15′. Farblos, weiss, grünlich. — Schmilzt v. d. L. schwierig, aber leichter als Albit. Gemengtheil namentlich der Quarz und Orthoklas führenden Eruptivgesteine, wie Granit, Quarzporphyr, Quarztrachyt, ebenso im Syenit, Diorit, Trachyt, Andesit; ferner im Gneiss. — Zum O. gehört der durch eingelagerte Eisenglanzschüppchen schillernde Sonnenstein von Tvedestrand im südlichen Norwegen. — Der Barytplagioklas Des-Cloizeaux' hat die Zusammensetzung eines Oligoklases, dessen Ca-Gehalt zum grössten Theil durch Ba ersetzt ist.

Andesin. Ab_3An_2—Ab_1An_1. a : b : c = 0,6355 : 1 : 0,5517. In Form und Auftreten vom Oligoklas nicht unterschieden. Mittleres spec. Gew. = 2,65. Neigung des rhombischen Schnittes gegen Kante PM: +1° bis —2°. Auslöschungsschiefe auf P: —2° 12′ bis —5° 10′, auf M: —7° 58′ bis —16°. Schmilzt weit leichter

als Albit; in alten und jungen Eruptivgesteinen, so im Tonalit des Adamello, in vielen Andesiten Ungarns und der Anden. — Der feinkörnige, zuckerähnliche Saccharit aus Serpentin von Frankenstein, früher für Andesin gehalten, ist ein Gemenge von Plagioklas und Quarz.

Labrador (Labradorit). Ab_5An_6—Ab_2An_3. a : b : c = 0,6377 : 1 : 0,5547. XX selten, z. B. aus den Quarzandesiten von Verespatak, aus Aschen der Monti Rossi am Aetna, gewöhnlich eingesprengt in rectangulären oder leistenförmigen Körnern. P˅M = 93° 20′. Mittleres spec. Gew. = 2,69. Neigung des rhombischen Schnittes gegen Kante PM: —9° bis —14°. Auslöschungsschiefe auf P: —6° 50′ bis —17° 40′, auf M: —19° 12′ bis —29° 28′. Farblos, weiss, die frischen Labradore der Gabbros und Norite sind häufig in Folge von Interpositionen grau, bläulich und braun. Durch Farbenspiel (Labradorisiren) ausgezeichnet sind die Labradore von der Paulsinsel, von Ojamo in Finland und der Umgebung von Kiew. Schmilzt leichter als die vorhergehenden Pl. und wird durchweg von Säuren zersetzt. Beschränkt sich anscheinend auf die basischeren, Orthoklas und Quarz entbehrenden Glieder der Eruptivgesteine und der krystallinen Schiefer.

Bytownit. Ab_1An_4—Ab_1An_6. In Habitus und Verbreitung schliesst B. sich dem Labrador an. Mittleres spec. Gew. = 2,71. Neigung des rhombischen Schnittes wie beim Labrador. Auslöschungsschiefe auf P: —21° bis —27° 33′, auf M: —31° 10′ bis 33° 29′. Im Forellenstein von Volpersdorf und Harzburg; im Kugeldiorit von Corsica etc. Das ursprünglich Bytownit genannte Vork. aus Canada hat sich als Gemenge erwiesen.

Anorthit. Ab_1An_8—Ab_0An_1. a : b : c = 0,6347 : 1 : 0,5547. Vielfach in schönen aufgewachsenen XX mit einer dem Albit analogen Habitusentwicklung. Hauptwinkel: P˅M = 94° 10′. P˅T = 110° 40′. P˅l = 114° 7′. P˅x = 51° 26′. P˅y = 98° 46′. T˅l = 120° 30′. T˅M = 117° 33′. l˅M = 121° 56′. H. = 6. Mittleres spec. Gew. = 2,75. Neigung des rhombischen Schnittes gegen die Kante PM: —15° bis —18° 48′, Auslöschungsschiefe auf P: —28° bis —37°, auf M: —33° 40′ bis —36°. Farblos und durchs. oder weiss und undurchs. Schmilzt v. d. L. leichter als die übrigen Plagioklase, aber immerhin noch ziemlich schwer. Von Säuren vollständig zersetzt. Aufgewachsen auf Drusen der Somma-Auswürflinge und am Monzoni. Eingewachsen als Gesteinsgemengtheil in ganz basischen Eruptivgesteinen, wie in den Olivin führenden Gabbros und Noriten, sowie in den daraus durch Metamorphose hervorgegangenen krystallinen Schiefern, selten in Dioriten, Diabasen, Porphyriten und Tescheniten. Auch in Basalten und Meteoriten. — Zum Anorthit bezw. zum Bytownit gehören nachstehende, zum grossen Theil bereits angewitterte Mineralien: Amphodelit von Lojo in Finland und Tunaberg in Schweden, Cyclopit von den Cyclopeninseln, Esmarkit z. Th. von Bräkke in Norwegen, Indianit von Carnatik in Indien, Latrobit (Diploit) von der Insel Amitok an der Küste Labrador, Lepolith von Lojo und Orijärfvi, Lindsayit von Orijärfvi, Polyargit von Tunaberg, Rosellan von Aker, Tankit von Arendal, Thjorsauit von Island.

Die Plagioklase, insbesondere die des Gesteinsgemenges, unterliegen leicht der Verwitterung, welche zu denselben Producten Kaolin und Muscovit führt wie beim Orthoklas. Daneben werden Calcit und Quarz gebildet. Die Plagioklase jüngerer Eruptivgesteine geben häufig Veranlassung zu Zeolithbildung, während der grobspäthige Plagioklas der Tiefengesteine, der Gabbros und Norite, eine eigenthümliche Umwandlung in ein feinkörniges bis dichtes, weisses bis lichtgrünes Mineral, Saussurit, erleidet. Derselbe besteht aus einem Gemenge von Plagioklas mit Zoisitnädelchen, in gewissen Fällen auch aus Plagioklas und mikrokrystallinem Skapolith,

Es wird angenommen, dass die Saussuritisirung mit dynamometamorphischen resp. pneumatolytischen Processen zusammenhängt. Auch zur Bildung von Epidot geben die Plagioklase Veranlassung. — Künstliche Bildung der Plagioklase ist gelungen.

Als Anhang bei den Feldspäthen ist zu erwähnen:

Barsowit, gleich zusammengesetzt mit Anorthit, aber rhombisch. Kleinkörnige oder dichte Aggregate. Weiss. H. = $5\frac{1}{2}$—6, G. = 2,58. Findet sich als Geschiebe mit eingesprengtem Korund und Spinell auf den Goldseifen von Barsowsk im Ural.

Zeolithgruppe.

Die Zeolithe bilden in jeder Hinsicht eine natürliche Familie; in ihrem äusseren Habitus, in ihrer allgemeinen chemischen Zusammensetzung, in ihrem Verhalten gegen Säuren und vor dem Löthrohr, besonders aber in der Art ihres Vorkommens und ihrer Genesis stimmen sie überein oder sind einander doch sehr ähnlich.

Die Zeolithe sind wasserhaltige Verbindungen und mit Ausnahme des Apophyllits im Wesentlichen Kalkthonerdesilicate, enthalten daneben häufig noch Alkalien, aber keine Magnesia, so dass sie den Mineralien der Nephelin-, Leucit- und Feldspathgruppe, besonders den Plagioklasen chemisch sehr nahe stehen und oft geradezu als deren wasserhaltige Verbindungen erscheinen. Daher wird die häufige pseudomorphe Umwandlung und Verwitterung der genannten Mineralien zu Zeolithen leicht begreiflich.

Für ihre Constitution ist der Wassergehalt besonders wichtig. Bei vielen Zeolithen ist das Wasser so wenig fest gebunden, dass es z. Th. schon an trockener Luft verloren geht und beim Laumontit sogar ein Verstäuben stattfindet; in feuchter Umgebung kann das Wasser wieder aufgenommen werden. Bei anderen Zeolithen entweicht aber ein Theil oder alles Wasser erst in der Glühhitze, sodass man dasselbe auf vorhandenes Hydroxyl zurückgeführt hat und dass man den Prehnit, der sonst in allen Dingen den Zeolithen ähnlich ist, aber überhaupt erst beim Glühen Wasser austreten lässt, ganz aus der Reihe der Zeolithe gestrichen hat. — Als Unterscheidung zwischen Krystall- und Constitutionswasser wird die Temperatur, bei der das Wasser entweicht, herangezogen; da das aber zumeist nicht sprungweise, sondern allmählich erfolgt, so kann es als ein ausreichendes Kriterium nicht gelten. Deshalb sind auch in den nachstehenden Formeln der einzelnen Zeolithe, die überhaupt noch nicht ganz gesichert sind, nur die empirischen Ergebnisse der Analyse aufgeführt und aller Wasserstoff auf Krystallwasser bezogen.

In morphologischer Beziehung ist die Neigung zur Bildung mimetischer XX bemerkenswerth. Sie sind meistens farblos bis weiss, nur durch Beimengungen gefärbt. H. = 3—5. Leicht kenntlich werden sie durch ihre leichte Zersetzbarkeit durch Salzsäure unter Abscheidung von schleimiger SiO_2 und dadurch, dass sie meist unter Aufblähen (ζέω, ich koche) leicht v. d. L. schmelzen.

Sie finden sich fast stets aufgewachsen, vorzugsweise auf den Mandelräumen und sonstigen Höhlungen jungvulkanischer Gesteine und in deren Tuffen, insbesondere in Basalten und Phonolithen; seltener auch auf Klüften älterer Eruptivgesteine und krystalliner Schiefer. Bemerkenswerth ist ihr Vorkommen auf Erzgängen (St. Andreasberg, Kongsberg), auf gewissen Magnetitlagerstätten und in contactmetamorphischen Kalksteinen (Arendal, Utö, Banat), ihr Auftreten neben gediegenem Kupfer am Oberen See und ihre Neubildung in gewissen Thermen. In genetischer Beziehung erscheinen sie entweder als Producte von Thermalquellen oder als secundäre Bildungen, und zwar pseudomorph nach den oben genannten Mineralgruppen bezw. als

Auskrystallisationen der aus Verwitterung jener hervorgegangenen Lösungen. Sie selbst zerfallen leicht wieder und bilden namentlich leicht $CaCO_3$.

Apophyllit. Ichthyophthalm. $CaSi_2O_5 . 2 H_2O$.

Tetragonal, holoedrisch. *a* : *c* = *1* : *1,2515* (Miller). — XX fast stets aufgewachen, mit pyramidalem, prismatischem, auch tafeligem und zuweilen würfeligem Habitus. Charakteristische Combination: *p* = *(111)P* 104° Polk. und 121° Mittelk. etwas schwankend, mit *m* = *(100)∞P∞*; daneben häufig *c* = *(001)oP* und *r* = *(210)∞P2*. Das gleichzeitige Auftreten von *(100)∞P∞* und *(210)∞P2* erzeugt gern vertical gestreifte und gerundete Prismen. — Blätterige, schalige sowie körnige Aggregate.

(001)oP sehr vollk., *(100)∞P∞* unvollk. Br. uneben; spröd. H. = 4½—5, G. = 2,3—2,4. Auf der Basis ausgezeichneter Perlmgl. und eigenthümlicher Lichtschein (daher Ichthyophthalm = Fischaugenstein). Durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, röthlich- und gelblichweiss; rosenroth, auch braun und grünlich. D.-Br. schwach, bald positiv, bald negativ, selbst am selben XX. Oefters optisch anomal, namentlich zeigt sich optisch Zweiaxigkeit, was an mimetische Viellinge monokliner Individuen hat denken lassen.

Formel noch nicht sicher gestellt; stets ein Kaligehalt von ca. 5% vorhanden, auch etwas Fluor und Ammon. Ein Theil des Wassers entweicht erst beim Glühen, daher neuerdings die Formel $H_7KCa_4Si_8O_{24} . 4\frac{1}{2} H_2O$. — Blättert sich v. d. L. auf und schmilzt unter Aufblähen zu weissem Glas. Blättert sich ebenfalls mit Salzsäure auf, die das Pulver unter Abscheidung von Kieselgallert leicht zersetzt.

Auf Blasenräumen basaltischer und verwandter Gesteine. Mehrorts auf den Färöer und auf Island, Insel Skye, Siebengebirge, Sasbach am Kaiserstuhl, Böhmisches Mittelgebirge, Fassathal und Seisser Alp, Poonah in Ostindien. Im Granit von Hällestad in Schweden; im Diorit von Bergen Hill in New-Jersey. Auf Lagern körnigen Kalkes und Magneteisens bei Oravicza, Cziklova, Szaska, auf Utö; auf Erzgängen zu St. Andreasberg, Kongsberg. Neubildung der Thermen von Plombières.

Albin ist ein durch Verwitterung und Bildung von $CaCO_3$ weiss gefärbter A. von Aussig und Schreckenstein in Böhmen, Xylochlor ist grüner A., aus dem Innern eines fossilen Baumstamms bei Husavik auf Island. Tesselit bezeichnet kleine würfelige XX von Naalsoe (Färöer), Gyrolith (Gurolit) kuglig-schalige, anscheinend durch Verwitterung aus Apophyllit hervorgegangene Formen aus dem Basalt von Storr auf Skye und anderswo.

Okenit entspricht der oben für Apophyllit angegebenen Formel $CaSi_2O_5 . 2 H_2O$, enthält demnach kein Fluor und soll rhombisch sein. Gewöhnlich nur derb in krummschaligen Aggregaten von strahliger Structur; zäh. H. = 5, G. = 2,28—2,36. Durchs. bis durchschein. Perlmgl. Gelblich- oder bläulichweiss. — V. d. L. unter Aufblähen zu weissem Glase schmelzbar. Insel Disko, Island, Färöer.

Xonotlit. $4 CaSiO_3 . H_2O$. Dichte schalige, chalcedonähnliche Aggregate, weiss oder bläulichgrau; hart und zäh. Tetela de Xonotla in Mexico.

Plombierit. $CaSiO_3.2H_2O$. Amorph; bildet schneeweisse traubige Ueberzüge. Als Neubildung in den Thermen von Plombières im südlichen Frankreich.

Inesit (Rhodotilith). $(MnCa)_3Si_3O_9.2H_2O$ mit 40MnO und 8CaO. Triklin. Radialstrahlige Aggregate von fleischrother Farbe, nach zwei verschiedenen, unter $82^1/_2{}^0$ sich schneidenden Flächen spaltbar. H. = 6—7, G. = 3,103. Kantendurchschein. Glasgl. Str. weiss. Aus einem schmalen Trumm der Manganerzlagerstätte von Nanzenbach im Dillenburgischen.

Analcim. $Na_2Al_2Si_4O_{12}.2H_2O$.

Regulär, holoedrisch. — XX einzeln oder in Drusen aufgewachsen, gewöhnlich nur klein, im Fassathal solche bis zur Faustgrösse. Meist nur (*211*)*202*, oft in idealer Ausbildung, dazu untergeordnet oder vorherrschend (*100*)∞O∞. — Auch körnig, dicht, erdig; in Pseudomorphosen nach dem chemisch ganz ähnlichen Leucit.

Keine deutliche #. Br. uneben bis muschlig, spröd. H. = $5^1/_2$, G. = 2,1—2,3. Glasgl., durchs. bis durchschein. Wasserhell, weiss ins Graue, Gelbe, Röthliche. Optisch gewöhnlich anomal, doch normal, wenn die bez. Platten in Wasserdampf erwärmt werden.

Chemisch ein Na-Leucit mit $2H_2O$. — V. d. L. ruhig zu klarer Perle schmelzbar. Von Salzsäure unter Abscheidung von Kieselgallert zersetzt.

Auf Blasenräumen von Basalten und verwandten Gesteinen; ausgezeichnet auf der Cyclopeninsel bei Catania, zu Montecchio maggiore bei Vicenza; Fassathal, Lake Superior; Böhmisches Mittelgebirge, Dumbarton, auf Mull, Staffa. Am Riesendamm in Irland, Orkney-Inseln, Färöer, Island. Auf Klüften im Diabas und Diorit, schön von Bergen Hill in New-Jersey. Auf Erzgängen zu St. Andreasberg und auf den Magnetitlagern von Arendal und dem Berge Blagodat; auf Klüften im Thoneisenstein von Duingen in Hannover. Als secundärer Gemengtheil in den Syeniten von Brevig und Kangerdluarsuk (sogen. Eudnophit) und im Teschenit Oesterreichisch-Schlesiens.

Cuboit ist ein derber grüner A. vom Berge Blagodat, Cluthalit, fleischroth, ist verwitterter A. von Kilpatrik bei Dumbarton. Im Pikranalcim aus dem Gabbro von Monte Catini beruht der angegebene Magnesiagehalt, der zur Abtrennung führte, auf unrichtiger Analyse.

Faujasit. $Na_2CaAl_2Si_5O_{15}.10H_2O$. Regulär. Charakteristische Form kleine scharf ausgebildete Oktaeder mit geknickten Flächen. Zw. nach (111)O. # (111)O. Br. uneben; spröd. H. = $5^1/_2$—6, G. = 1,923. Glasgl. bis Diamantgl. Durchs. bis durchschein. Weiss, braun. Von Salzsäure zersetzt. — V. d. L. unter Aufblähen schmelzbar. Verliert beim Erwärmen Wasser und wird doppelbrechend. Aus Basalten von Sasbach am Kaiserstuhl, Annerod bei Giessen, Pflasterkante bei Eisenach.

Natrolithgruppe.

Von den drei hierher gehörigen Gliedern besitzt Natrolith die Zusammensetzung $Na_2Al_2Si_3O_{10}.2H_2O$ und ist dimorph, rhombisch und monoklin. Skolezit

$CaAl_2Si_3O_{10}.3H_2O$ ist monoklin, während Mesolith eine isomorphe Mischung beider darstellt und nur monoklin bekannt ist. In den Axenelementen und im Habitus herrscht bei allen die grösste Uebereinstimmung.

Natrolith. Mesotyp z. Th. Natronmesotyp. Spreustein z. Th. $Na_2Al_2Si_3O_{10}.2H_2O$.

Dimorph, gewöhnlich rhombisch, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}9785 : 1 : 0{,}3536$ (Brögger), bei einem geringen Kaligehalt monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 1{,}0165 : 1 : 0{,}3599$. $\beta = 90^\circ\ 5'$. — XX aufgewachsen, mit tetragonalem Habitus, lang prismatisch, nadel- und haarförmig, zu Bündeln und Büscheln vereinigt. Gewöhnlich nur $M = (110)\infty P$ $91^\circ\ 15'$ mit niedriger Bipyramide $o = (111)P$ mit $143^\circ\ 12'$ und $142^\circ\ 22'$ an den Polk. $M\check{}o = 116^\circ\ 44'$; seltener $r = (010)\infty P\breve{\infty}$. Stenglig-strahlige bis einfaserige, oft radial gestellte Aggregate.

$(110)\infty P$ vollk. Br. muschlig. Spröd. H. = 5—5½, G. = 2,2—2,3. Glasgl.; durchs. bis durchschein. Farblos, meist weiss, ins Graue, Gelbliche oder Röthliche. A-E = $(010)\infty P\breve{\infty}$, +M-L = c.

Nur selten geringe Beimischung von Ca. Bei 300° entweicht alles Wasser, das bei feuchter Luft wieder aufgenommen wird. Von Salzsäure zersetzt unter Abscheidung von Kieselgallert; schmilzt schon an der Kerzenflamme und bläht sich v. d. L. nicht auf, schmilzt dann zu klarem Glas.

Auf Hohlräumen von Basalten und verwandten Gesteinen: in den Phonolithen von Teplitz und Aussig, in den Basalten Hessens, der Auvergne; Färöer, Island, Fassathal. Feinfaserige Trümmer im Phonolith vom Hohentwiel. Grössere dicke XX wie auch strahlige Aggregate aus den Syeniten Norwegens sind Brevicit oder Radiolith genannt worden.

Eisennathrolith, grüne undurchs. XX, ist ein N. von Brevig, der zahlreiche Interpositionen eines chloritischen Minerals enthält. Bergmannit (Natrolith-Spreustein) von Brevig und Kangerdluarsuk ist eine faserige Pseudomorphose von N. nach Sodalith, untergeordnet von Nephelin, während das spreusteinartige Verwitterungsproduct des letzteren hexagonal ist, sich durch etwas höheren Al_2O_3- und H_2O-Gehalt unterscheidet und Hydronephelit (S. 505), wenn Ca-haltig Ranit genannt worden ist. — Lehuntit von Glenarm in der Grafschaft Antrim enthält anscheinend $1H_2O$ mehr, vielleicht nur in Folge mechanischer Einschlüsse.

Aeusserlich ähnlich kann zuweilen Aragonit werden.

Mesolith. Mesotyp z. Th. Mesole.

Monoklin; begreift die isomorphen Mischungen der Natrolith- und Skolezit-Substanz. Im typischen Mesolith ist das Verhältniss ungefähr 1 : 2; in anderen Varietäten: Galaktit aus Schottland, Antrimolith und Harringtonit aus Irland, weicht es davon ab. In allen krystallographischen Verhältnissen im Habitus und im Vorkommen schliesst sich der Mesolith dem Natrolith, bezw. dem Skolezit an. Gern in feinhaarigen, seidenglänzenden oder in matten porcellanartigen Aggregaten,

auch erdig und locker. Die schiefe Auslöschung auf *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$ beträgt ca. 8°—9° gegen die Verticalaxe. Pflasterkaute bei Eisenach, Insel Skye, Antrim, Färöer etc.

Skolezit. Mesotyp z. Th. Kalkmesotyp. $CaAl_2S_3O_{10}.3H_2O$.

Monoklin, hemiedrisch. $a : b : c = 0{,}9764 : 1 : 0{,}3434$ (Flink). $\beta = 90^0\ 42'$. — ✕✕ im Habitus und Aussehen wie die des Natrolith, kurz- oder langsäulig, gern nadelig. $M = (110)\infty P$ 91° 22′, $o = (\bar{1}11)P$ 144° 14′, $o' = (111){-P}$ 143° 59′. Gewöhnlich Zw. nach *(100)*∞*P*$\bar{\infty}$, kenntlich an der Federstreifung auf *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$. Auch derb, in radialstrahligen oder faserigen Aggregaten.

(110)∞*P* ziemlich vollk. H. = 5—5½, G. = 2,2—2,4. Farblos, weiss, gelblich und röthlichweiss. Glasgl., feinfaserige Aggregate mit Seidengl. Auslöschung auf *(010)*∞*P*$\breve{\infty}$ 10°—22° gegen c. Pyroelektrisch.

Chem. Verhalten dem Natrolith ähnlich, schmilzt aber v. d. L. zu einem blasigen, trüben Glas.

Auf Drusen in Granit, auf Hohlräumen und Klüften von jungvulkanischen Gesteinen.

Edingtonit. $BaAl_2Si_3O_{10}.3H_2O$. Rhombisch hemiedrisch, aber durch Zwillingsbildung mit tetragonalem Habitus. Schliesst sich in seiner Formel dem Skolezit an und lässt sich auch krystallographisch damit in Verbindung bringen. ✕✕ klein, niedriges Prisma mit zwei in verwendeter Stellung auftretenden Sphenoiden. # (110)∞P. Br. uneben. H. = 4—4½, G. = 2,6. Glasgl. Graulichweiss bis röthlich. — V. d. L. schwer zu farblosem Glase schmelzbar. Sehr selten, Kilpatrick bei Dumbarton in Schottland.

Comptonit. Thomsonit. $2(CaNa_2)Al_2Si_2O_8.5H_2O$.

Rhombisch, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}9932 : 1 : 1{,}0066$ (Brögger). — ✕✕ prismatisch, häufig büschel- oder fächerförmig gruppirt. Vertical gestreifte Prismen mit sehr stumpfem, eine Rundung der Basis hervorbringenden Brachydoma als obere Begrenzung. Zuweilen kreuzförmige Zw. nach *(110)*∞*P*. Aggregate nieren-, knollen- und kugelförmig mit stengliger Structur und drusiger Oberfläche.

(010)∞*P*$\breve{\infty}$ vollk., *(100)*∞*P*$\bar{\infty}$ etwas weniger vollk. Br. uneben; spröd. H. = 5—5½, G. = 2,35—2,38. Glasgl., auf den Spaltflächen Perlmgl. Durchschein. bis trübe. Weiss, wohl auch ins Graue, Gelbe und Rothe. A-E = *(001)oP*.

Mit Salzsäure gelatinirend, v. d. L. sich stark aufblähend und zu weissem Glase schmelzend.

Auf Blasenräumen phonolithischer und basaltischer Eruptivgesteine. Seeberg bei Kaaden, Hauenstein, Waltsch u. a. Orte in Böhmen, Pflasterkaute bei Eisenach, Vesuv, Cyclopeninseln, Kilpatrick bei Dumbarton, Färöer (radialfaserige Kugeln, sogen. Faröelith), Island. Table Mountain in Colorado; am Oberen See in radialstrahligen Kugeln (sogen.

Lintonit). Auch auf Höhlungen im zersetzten Eläolith am Langesundfjord.

Chalilith von Sandy Brae in Antrim ist ein derber, dunkel röthlichbrauner Thomsonit mit flachmuschligem bis splittrigem Br. Ferner gehören zum Thomsonit die isländischen Mineralien Scoulerit und Karphostilbit.

Prehnit. Koupholith. $Ca_2Al_2Si_3O_{11}.H_2O$.

Rhombisch, hemimorph. $a:b:c = 0{,}8420:1:1{,}1272$ (Beutell). — XX meist tafelig nach (*001*)*oP*, aber auch prismatisch nach (*110*)∞*P*; öfters gekrümmt nud gewöhnlich zu fächer- und hahnenkammartigen Gruppen verbunden; Einzelkrystalle seltener. Gewöhnlichste Formen sind *P* = (*001*)*oP*, *M* = (*110*)∞*P* 99° 48′, *l* = (*010*)∞*P*$\breve{\infty}$, *k* = (*100*)∞*P*$\bar{\infty}$, *o* = (*031*)*3P*$\breve{\infty}$, *r* = (*111*)*P*. Schalige, nierige und kugelförmige Aggregate mit strahliger und faseriger Structur. Pseudomorphosen nach Analcim, Laumontit, Natrolith.

(*001*)*oP* deutlich. Br. uneben. H. = 6—7, G. = 2,8—3,0. Glasgl. ins Wachsartige, auf (*001*)*oP* wohl perlmutterartig. Durchs. bis durchschein. Farblos oder weiss, gewöhnlich lichtgrün, gelblichgrün. A-E entweder (*010*)∞*P*$\breve{\infty}$ oder seltener (*100*)∞*P*$\bar{\infty}$, +M-L = c. Pyroelektrisch, was auf Hemimorphie schliessen lässt.

Schmilzt v. d. L. unter Aufblähen; erst bei hoher Temperatur bildet sich Wasser im Kölbchen; daher neuerdings nicht mehr zu den Zeolithen gerechnet. Von Säuren erst nach dem Glühen völlig zersetzt.

Auf Klüften, Gangtrümmern, Drusen und Blasenräumen, namentlich basischer Eruptivgesteine und krystalliner Schiefer (Diorit, Diabas, Gabbro, Melaphyr, Amphibolit etc.), seltener im Granit; öfters mit Epidot, zuweilen mit ged. Kupfer vergesellschaftet. Harzburg, Oberstein, Wermsdorf in Mähren, Sterzing und Fassathal in Tirol, Bourg d'Oisans im Dauphiné, Baréges in den Pyrenäen, Montecatini, Schottland, Kongsberg, Aedelfors in Småland (sogen. Aedelit), Oberer See, Peru, Chile. Namaqualand.

Chlorastrolith vom oberen See, in kleinen rundlichen Geschieben von bläulichgrüner Färbung und radialfaseriger Structur ist unreiner Prehnit. — Gleiches gilt von dem in verschieden grün gebänderten derben Aggregaten auftretenden Zonochlorit von der Neepigon Bay im nördlichen Theil des Oberen Sees. — Uigit von Uig (Insel Skye) in weissen bis gelblichen Krusten mit Perlmgl. und strahliger Structur dürfte ebenfalls Prehnit sein. — Dem Prehnit können ähnlich werden: Baryt, Aragonit, Wavellit, Staffelit, Thomsonit, Stilbit, Heulandit.

Laumontit. $CaAl_2Si_4O_{12}.4H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 1{,}1451:1:0{,}5906$. $\beta = 111^\circ\ 14'$ (Miller). — XX langsäulig, vertical gestreift. (*110*)∞*P* 86° 16′, ($\bar{2}$*01*)*2P*$\bar{\infty}$. Zw. nach (*100*)∞*P*$\bar{\infty}$. In stengligen und erdigen Aggregaten.

$(010)\infty P\breve{\infty}$ und $(110)\infty P$ vollk., spröd. H. = 3—3½, G. = 2,25 bis 2,35. Glasgl., auf Spaltfläche Perlmgl., wird leicht unter Wasserverlust durch Verstäuben an der Luft matt und trübe.

V. d. L. unter Aufblähen zu weissem Glas schmelzbar.

Auf Klüften namentlich älterer Eruptivgesteine. Im Quarzporphyr des Sarnthals bei Botzen, im Diabas von Dillenburg, Syenit des Plauenschen Grundes, im Diorit von Bergen Hill; am Oberen See neben ged. Kupfer, bei Dumbarton; in Amethystkugeln von Theiss bei Klausen. Auf Gängen in Thonschiefern: Eule bei Prag, Huelgoët in der Bretagne.

Der L. von Schemnitz und aus dem Floitenthal ist Leonhardit, die röthlichgrauen radialfaserigen Aggregate von Caprociano bei Monte Catini sind Caporcianit genannt worden. Ein Theil des Adelforsit (cfr. Wollastonit), nämlich röthliche, erdige und faserige Aggregate von Aedelfors in Småland gehören ebenfalls zum L.

Stilbit. Heulandit. Blätterzeolith. $CaAl_2Si_6O_{16}.5H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}4035:1:0{,}4788$. $\beta = 116^\circ\,20'$ (Naumann). — ✕✕ dünn- oder dicktafelig nach $(010)\infty P\breve{\infty}$ oder nach der Orthoaxe gestreckt, vielfach einzeln aufgewachsen. $M = (010)\infty P\breve{\infty}$, $N = (100)\infty P\bar{\infty}$, $T = (001)oP$, $P = (10\bar{1})P\bar{\infty}$, $z = (\bar{2}21)2P$ 136° 4′, $r = (021)2P\breve{\infty}$ 98° 44′. $N:P = 129^\circ\,40'$.

Fig. 515.

Von manchen Autoren werden die Heulanditkrystalle als polysynthetische Zw. trikliner Individuen, die nach *M* verwachsen sind, gedeutet. Eine zuweilen auf *P* beobachtbare Streifung würde dann Zwillingsstreifung sein.

— Auch derb in strahlig-schaligen und blätterigen Aggregaten.

$(010)\infty P\breve{\infty}$ sehr vollk. Br. uneben, spröd. Starker Perlmgl. auf $(010)\infty P\breve{\infty}$, sonst Glasgl. Durchs. bis durchschein. Farblos, weissgrau, bräunlich; öfters durch Göthitinterpositionen intensiv ziegelroth (sogen. Heulandit) gefärbt. A-E parallel M, M-L = b. A-W mit der Temperatur veränderlich, zuweilen fast 0°; beim Erwärmen auf 150° gehen 2 Mol. H_2O verloren und die Substanz verhält sich rhombisch.

Stets wird etwas Ca durch Sr, ferner häufig auch noch durch K_2 und Na_2 vertreten. Ein Theil des Wassers entweicht erst bei Glühhitze. Bläht sich v. d. L. stark auf und schmilzt zu weissem Glas.

In Basalten und verwandten Gesteinen. Island, besonders am Berufjord, Färöer, Kilpatrick in Schottland; seltener im Granit (Striegau) und auf Erzgängen: St. Andreasberg, Kongsberg; auch bei Arendal. Rother H. aus dem Fassathal, Vacza in Siebenbürgen, Campsie in Schottland.

Beaumontit besitzt die Zusammensetzung und Form des Stilbits, seine gelblichen kleinen ✕✕ bilden aber scheinbar tetragonale Combination und in optischer Beziehung finden Abweichungen statt. Baltimore.

Epistilbit. $Ca_2Al_4Si_{11}O_{30}.10H_2O$. Monoklin, in der Form sehr ähnlich dem Stilbit, chemisch unterschieden durch etwas geringeren SiO_2-Gehalt. Island, Finken-

hübel bei Glatz, Viesch im Wallis. — Damit ident ist Parastilbit von Island, während Reissit von Santorin ein K- und Na-haltiger Epistilbit ist.

Brewsterit. $(SrBa)Al_2Si_6O_{16}.5H_2O$. Monoklin, ist ein Sr-Ba-Stilbit. Er bildet niedrige Prismen mit nahezu horizontalem Klinodoma. Strontian in Schottland, Riesendamm, Freiburg im Breisgau.

Oryzit und Pseudonatrolith sind noch ungenügend bekannt, schliessen sich aber nach ihrer Zus. dem Stilbit an. — Mordenit von Morden in Neuschottland bildet Stilbit ähnliche XX, ist aber weit reicher an SiO_2. Letzteres gilt auch von dem gerade auslöschenden Ptilolith aus den Green- und Table Mts. in Californien. — Erionit $(CaK_2Na_2)Al_2Si_6O_{16}+6H_2O$, rhombisch, bildet wollhaarähnliche weisse Fäden auf Milchopal in einem Trachyttuff von Durken in Oregon.

Desmingruppe.

Zwei Glieder dieser Gruppe, Desmin und Phillipsit, sind isomorphe Mischungen der beiden Silicate $CaAl_2Si_6O_{16}.6H_2O$ und $CaAl_2Si_2O_8.3H_2O$, d. h. zweier Silicate, die wasserfrei gedacht ganz analog den constituirenden Silicaten der Plagioklase, dem Albit und Anorthit, zusammengesetzt sind. Beide Zeolithe unterscheiden sich chemisch sonst noch dadurch, dass der Ca-Gehalt im Desmin nur in geringem, im Phillipsit in weit höherem Maasse durch Na bezw. K ersetzt wird. Ein drittes Glied dieser Gruppe, Harmotom, besteht aus den nämlichen beiden Silicaten, nur tritt Ba an Stelle von Ca. — Aus der Constitution jener Silicate folgt, dass mit abnehmendem SiO_2-Gehalt auch die Wassermenge abnimmt und umgekehrt. Alle drei Glieder sind monoklin, bilden aber durch wiederholte Zwillingsverwachsung mimetische XX mit höherer Symmetrie.

Desmin. Strahlzeolith. Stilbit franz. Min. $(CaNa_2)Al_2Si_6O_{16}.6H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}7623:1:1{,}1940$. $\beta = 129^0\ 10'$ (v. Lasaulx). — XX gewöhnlich zu charakteristischen bündel- und garbenförmigen Gruppen verbunden, scheinbar in der rhombischen Combination *(010)∞P̆∞*, *(100)∞P̄∞*, *(111)P*, in Wirklichkeit aber monokline Durchkreuzungszwillinge nach *(001)oP* der Combination *r = (110)∞P* 118⁰ 50′, *T = (010)∞P̆∞* und *M = (001)oP* (Fig. 516). Auch in stenglig-strahligen Aggregaten.

(010)∞P̆∞ vollk., spröd. H. = 3½—4, G. = 2,1—2,2. Auf der Spaltfläche Perlmgl., sonst Glasgl. Durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, grau, gelblich, bräunlich, selten ziegelroth. A-E = *(010)∞P̆∞*, M-L ca. 5⁰ gegen die Klinoaxe geneigt.

Verhältniss von $CaO:Na_2O$ ungefähr 5 oder 6 : 1. SiO_2 ca. 57%. — V. d. L. schwierig unter starkem Aufblähen schmelzbar. Von Salzsäure zersetzt.

In Basalten und ähnlichen Gesteinen. Kilpatrick in Schottland, Staffa, Färöer, Berufjord auf Island, den isländischen Doppelspath vom Eskifjord überkrustend, Tekerö in Siebenbürgen, im Fassathal, Poonah in Ostindien. Ferner in den Achatmandeln von Theiss bei Klausen, in Granitdrusen von Baveno und den Mourne-Mountains; auf Klüften der

krystallinen Schiefer von Val Maggia am St. Gotthard, bei Bourg d'Oisans etc. Reichlich und schön auf Erzgängen von St. Andreasberg und Kongsberg, auf den Magnetitlagern von Arendal. Neubildung der Therme Olette in den Pyrenäen.

Pufflerit in kleinen Kugeln mit faseriger Structur, aus dem Pufflerloch im Fassathal ist ein an SiO_2 armer D., Foresit aus Granit von Elba ist dem D. in der Form ähnlich, besitzt aber eine abweichende Zusammensetzung.

Phillipsit. Kalkharmotom. Christianit. $(CaK_2)Al_2Si_5O_{14}.5H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}7095:1:1{,}2563$. $\beta = 124^0\ 23'$ (Streng). — XX klein, aufgewachsen, stets mimetische Zw. höherer Symmetrie bildend. An den einfachen Individuen sind gewöhnlich nur $m = (110)\infty P$ ($119^0\ 18'$, fein vertical gestreift), $b = (010)\infty P\breve{\infty}$ (ebenfalls mit Verticalstreifung) und $c = (001)oP$ (glatt) vorhanden; sie bilden die gleichen, scheinbar rhombischen Durchkreuzungszwillinge wie der Desmin (Fig. 516). Zwei derartige Zw. durchkreuzen sich jedoch stets noch nach $(011)P\breve{\infty}$ und erlangen dadurch tetragonale Symmetrie, die

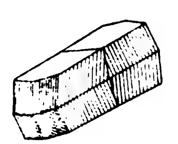


Fig. 516.

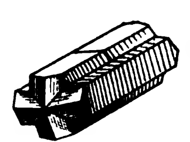


Fig. 517.



Fig. 518.

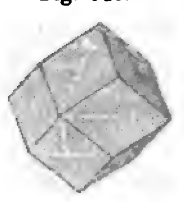


Fig. 519.

um so mehr hervortritt, je mehr die einspringenden Winkel ausgefüllt sind. Unter diesen Vierlingen kann man zwei Arten unterscheiden: solche, die die gestreiften Flächen $(010)\infty P\breve{\infty}$ und solche (seltener), die die glatten Flächen $(001)oP$ (Fig. 517) nach aussen kehren. Seltener (Stempel bei Marburg) wird durch nochmalige Zwillingsverwachsung, bei der sich drei Vierlinge nahezu rechtwinklig durchkreuzen (Fig. 518), reguläre Symmetrie erstrebt; bei Ausfüllung der einspringenden Winkel gleicht der resultirende Zwillingsstock einem regulären Rhombendodekaeder (Fig. 519), ist aber durch die Fiederzeichnung, wie alle Zwillingsarten des Phillipsit, und durch das optische Verhalten hinreichend charakterisirt.

$(010)\infty P\breve{\infty}$ und $(001)oP$ eben wahrnehmbar. Br. uneben, spröd. H. $= 4^1/_2$, G. $= 2{,}2$. Glasgl., durchschein., seltener durchs. Farblos, weiss ins Gelbe und Graue. A-E senkrecht $(010)\infty P\breve{\infty}$ gegen $(001)oP$ um 10—22^0 geneigt.

Charakteristisch der Gehalt an K_2O. — V. d. L. sich nur wenig aufblähend und schwierig zu blasigem Glase schmelzend. Von Salzsäure zersetzt.

Namentlich in Hohlräumen von Basalten. Stempel bei Marburg, Annerod bei Giessen, Nidda am Vogelsberg, Habichtswald, Sasbach am Kaiserstuhl, Hauenstein und Salesl in Böhmen, Aci Castello auf Sicilien, Capo di Bove, Vesuv, Island.

Zeagonit, wasserhell oder weiss von Capo di Bove, bildet die SiO_2-ärmsten Glieder der Phillipsitreihe und hat ausserdem durch Verwitterung noch einen Theil seines Wassergehaltes eingebüsst.

Gismondin, scheinbar tetragonal, meist in halbkugligen oder garbenförmigen Aggregaten, ist chemisch und krystallographisch noch ungenügend bekannt. Er scheint nahezu das zweite Silicat der Desmingruppe zu repräsentiren und sich auch in seinen Zwillingsverwachsungen der Gruppe anzuschliessen. Capo di Bove, Vesuv, Aci Castello auf Sicilien, Schiffenberg bei Giessen und Schlauroth bei Görlitz.

Harmotom. Kreuzstein. Barytharmotom. $BaAl_2Si_5O_{14}.5H_2O$.

Monoklin, holoedrisch. $a:b:c = 0{,}7031:1:1{,}2310$. $\beta = 124^0\ 50'$ (Des Cloizeaux). — XX Chemisch vom Phillipsit namentlich durch Ba an Stelle von Ca unterschieden, krystallographisch ganz wie Phillipsit, nur sind hier die Durchkreuzungsvierlinge (Fig. 517) die gewöhnlichste Form. Die seltenen Zw. (Fig. 516) von Strontian in Schottland sind Morvenit genannt. Im Allgemeinen sind die XX grösser als beim Phillipsit. $m = (110)\infty P$ $120^0\ 1'$, $b = (010)\infty P\breve{\infty}$, $c = (001)oP$.

$(010)\infty P\breve{\infty}$ wahrnehmbar. Br. uneben, spröd. H. $= 4^1/_2$, G. $= 2{,}44$, bis 2,5. Glasgl. Meist nur durchschein. und milchig getrübt, weiss oder licht gefärbt. A-E senkrecht auf $(010)\infty P\breve{\infty}$, mit $(001)oP$ 25—28^0 bildend.

Enthält auch etwas K_2O. — V. d. L. schwer und ohne Aufblähen zu weisser Perle schmelzend.

Bei Oberstein, Aussig, Přibram, Dumbarton; besonders schön und reichlich auf den Erzgängen von St. Andreasberg, Kongsberg, Strontian.

Wellsit von der Korundgrube Buck Creek in Nord-Carolina ist ein Harmotom, bei dem grössere Mengen von Ba durch Ca, ausserdem durch K, Na etc. ersetzt sind.

Chabasit. Würfelzeolith. $CaAl_2Si_4O_{12}.6H_2O$.

Hexagonal, rhomboedrisch-hemiedrisch. $a:c = 1:1{,}0860$ (Phillips). — XX zu Drusen verbunden, bilden entweder würfelähnliche Rhomboeder von $94^0\ 46'$ Polk., häufig mit Rautenstreifung parallel den Polkanten oder Combinationen von $(10\bar{1}1)R$, $(01\bar{1}2)-{}^1/_2R$, $(02\bar{2}1)-2R$. Ergänzungszwillinge, wobei die Ecken des einen Individuums nasenartig über die Flächen des anderen vorspringen. Regelmässiger gebildete Zw. dieser Art, die ausserdem durch das Auftreten von $(0001)oR$ und durch Flächenkrümmung linsenartig erscheinen, hat man Phakolith genannt.

Nach manchen Autoren sind die Rhomboeder des Chabasit mimetische XX und bestehen aus sechs triklinen Individuen der Combination $(001)oP$, $(100)\infty P\bar{\infty}$, $(010)\infty P\breve{\infty}$. Die Rhomboederflächen entsprächen entweder den nach aussen gekehrten Flächen

(100)∞P$\bar{\infty}$ oder *(001)oP* dieser Individuen und demnach wäre die erwähnte Streifung Zwillingsstreifung.

(10$\bar{1}$1)R zuweilen deutl. Br. uneben. Spröd. H. = $4^1/_2$, G. = 2,1 bis 2,2. Glasgl. Durchs. bis durchschein. Farblos, weiss, auch wohl röthlich oder braun. Optisch sehr oft anomal, wodurch die Deutung als mimetische XX unterstützt wird.

Die variable chem. Zus. lässt sich ebenfalls auf eine isomorphe Mischung der Silicate aus der Desmingruppe zurückführen. Ein Theil von Ca wird durch Na, auch wohl K ersetzt. — V. d. L. unter Aufblähen zu weissem Glase schmelzend.

In Basalten und verwandten Gesteinen: Böhmisches Mittelgebirge, Vogelsgebirge, Westerwald, Oberstein, Kilpatrick, Färöer, Island. — Im Granit von Striegau und Baveno. In den Thermen von Plombières als Neubildung. — Phakolith in grossen, schönen XX von Richmond bei Melbourne (sogen. Seebachit), ferner bei Nidda am Vogelsgebirge, Stempel bei Marburg, Leipa und Lobositz in Böhmen.

Haydenit aus dem Gneiss von Baltimore ist Chabasit mit geringem Ba-Gehalt.

Levyn ist ein Chabasit, der in Durchkreuzungszwillingen der Combination (0001)oR, (10$\bar{1}$1)R, (01$\bar{1}$2)−$^1/_2$R vorkommt, mit vorherrschender, öfters unebener oder gerundeter Basis. Glenarm in Antrim, Irland. Insel Sky. Färöer. — Glottalith von Glotta bei Portglasgow, angeblich regulär, wird als Phakolith oder auch als Gemenge von Edingtonit mit Harmotom gedeutet.

Gmelinit (Natronchabasit, Ledererit). $(Na_2Ca)Al_2Si_4O_{12}.6H_2O$. (10$\bar{1}$1)R und (01$\bar{1}$1)−R bilden durch gleichmässige Entwicklung eine hexagonale Bipyramide, deren Mittelkanten durch (10$\bar{1}$0)∞R abgestumpft wird. # (0001)oR deutlich. Gelblichweiss, röthlich bis fleischroth. Unterschied gegenüber Chabasit liegt wesentlich in dem hohen Na-Gehalt als Vertreter für Ca. Glenarm in Antrim, Insel Sky, Vicenza. Bergen Hill, Cap Blomidon auf Neu-Schottland (sogen. Ledererit). — Groddeckit von St. Andreasberg ist ein Gmelinit, bei dem ein Theil Ca durch Mg, ein Theil Al durch Fe ersetzt ist.

Herschelit ist ein Chabasit, bei dem der Gehalt an Na und K den von Ca übertrifft. Sechsseitige XX, die durch Verfliessen von (0001)oR und (10$\bar{1}$1)R flachtafelig erscheinen, in Wirklichkeit aber Durchkreuzungszwillinge sind. In farblosen oder weissen kugligen Aggregaten aus den Palagonittuffen von Aci Castello und Palagonia auf Sicilien, Jarra in Australien.

Glimmergruppe.

Die Glimmer bilden eine, durch eine Reihe gemeinsamer Merkmale ausgezeichnete natürliche Familie. Trotz ausserordentlicher Annäherung an rhomboedrische Formen, die sich bei manchen Gliedern in der Formausbildung, den Flächenwinkeln und dem optischen Axenwinkel ausdrückt, sind sie doch allesammt monoklin. Ihre häufigen Zwillingsverwachsungen erfolgen nach denselben Gesetzen. Nach dem Hauptgesetz ist die Zwillingsfläche eine senkrecht zur Basis (Spaltfläche) stehende Fläche aus der Zone [(001) (110)]. Bei der Verwachsung müssen die Spaltflächen in eine Ebene fallen, doch entsteht dadurch noch ein Unterschied, dass die Individuen (zu 2 oder 3) sich entweder neben einander lagern, wobei die Grenzlinie unregelmässig

sein kann, oder dass sie über einander geschichtet sind. Auch durch den Druck entstehen Zw.; und zwar nach den Gleitflächen $\zeta = (133) - P\tilde{3}$ resp. $\varsigma = (\bar{1}02)\frac{1}{2}P\bar{\infty}$. Beide Gleitflächen sind gegen die Basis um 113° geneigt, der entstehende Zw. hat demnach einen einspringenden Winkel von 134°. Die Ausbildung dieser Zw. ist aber stets derart, dass ein Individuum sich als eine in Zwillingstellung befindliche Lamelle einem grösseren Individuum eingeschaltet findet, wodurch auf der Basis des letzteren ein treppenförmiger Absatz hervorgebracht wird. Für alle Glimmer gelten die gleichen Axenelemente.

In physikalischer Hinsicht zeigen alle Glimmer das Maximum der Spaltbarkeit eines Minerals; sie sind nach der Basis $\#$ und die Spaltblättchen sind elastisch biegsam. Andere Cohäsionsminima lassen sich durch Schlag und durch Druck nachweisen. Durch einen kurzen Schlag entsteht auf den Spaltblättchen ein sechsstrahliger Stern als Schlagfigur, dessen Strahlen stets parallel den Kanten mit $(110)\infty P$ und $(010)\infty P\breve{\infty}$ verlaufen. Durch den Druck hingegen werden Risse erzeugt, die ebenfalls einem sechsstrahligen Stern entsprechen, dessen Arme aber ungefähr mitten zwischen die Strahlen der Schlagfigur fallen. Diese Risse entsprechen den oben erwähnten Gleitflächen ζ und ς, die unter fast gleichem Winkel (ca. 113°) gegen die Basis geneigt sind und die Veranlassung zu rhomboedrischen Absonderungsstücken geben können. Wie jene oben besprochenen Druckzwillinge, so finden sich auch die Druckrisse öfters in der Natur vor, nämlich an eingewachsenen X X, die dem Gebirgsdruck ausgesetzt waren.

Die Glimmer liefern in ihren Spaltblättchen ein bequemes Material zur Beobachtung der Interferenzfiguren und der sonstigen optischen Verhältnisse. Alle Glimmer sind optisch negativ. Die erste M-L steht nahezu senkrecht auf der Spaltfläche, die optische A-E dagegen läuft bald parallel, bald, wenn auch seltener, senkrecht zur Symmetrieebene. Man unterscheidet danach Glimmer I und II Art, und zwar sind jene Glimmer I Art, bei denen A-E senkrecht S-E, jene Glimmer II Art, bei denen A-E parallel S-E verläuft. Auch an den Glimmerblättchen, an denen die S-E als solche nicht zu erkennen oder überhaupt nicht vorhanden ist, gelingt es mit Hülfe der Schlagfigur, bei der ja ein Strahl immer die Richtung der S-E anzeigt, die Art des Glimmers anzugeben. Der Winkel der optischen Axen ist bei den verschiedenen Glimmern sehr verschieden, fast 0° beim Biotit, 15° beim Phlogopit, 55—75° bei den übrigen Glimmern. Die Glimmer mit kleinem A-W hielt man früher für optisch einaxig und man unterschied demzufolge einaxige von zweiaxigen Glimmern.

Die chemische Constitution der Glimmer ist noch nicht völlig sicher gestellt. Sie sind basische (wasserstoffhaltige) Alkali-Thonerde-Silicate; in einer Reihe von ihnen erlangt daneben Magnesia eine besondere Bedeutung; letztere kann theilweise durch Fe ersetzt werden. Wasser entweicht erst in der Glühhitze; für H tritt bei einigen Varietäten F ein. Der SiO_2-Gehalt bewegt sich zwischen 33 und 56%. — Zur Erklärung der wechselnden Zus. sind verschiedene Theorien aufgestellt, so von CLARKE und von TSCHERMAK. Vom praktischen Standpunkt lassen sich unterscheiden: 1. die Magnesiaglimmer Biotit und Phlogopit; 2. die Lithionglimmer Zinnwaldit und Lepidolith; 3. der Kaliglimmer Muscovit und 4. der Natronglimmer Paragonit. — Die Glimmer sind wegen ihrer wesentlichen Antheilnahme am Aufbau der mannichfachsten Eruptivgesteine und krystallinen Schiefer, ferner mancher Sedimentgesteine auch geologisch überaus wichtige Mineralien. Sie sind theils aus dem Schmelzfluss entstanden, theils, wie in den Hornfelsen und Sericitschiefern etc., Producte der Contactmetamorphose, pneumatolytischer Wirksamkeit, primärer Zersetzung oder gewöhnlicher Verwitterung. Ihre künstliche Darstellung ist bei Hüttenprocessen und auch im Laboratorium gelungen.

Biotit. Magnesiaeisenglimmer, Magnesiagl. z. Th. $(KH)_2(MgFe)_2(AlFe)_2Si_3O_{12}$. Monoklin, holoedr. $a:b:c = 0{,}5774:1:2{,}217$. $\beta = 95^0\ 3'$ (TSCHERMAK). — ⨯⨯ ein- und aufgewachsen, gewöhnlich tafelig, mit hexagonalem oder rhomboedrischem Habitus, was im Verein mit dem kleinen optischen A-W veranlasste, Biotit lange für rhomboedrisch und optisch einaxig zu halten. Gewöhnliche Comb.: $c = (001)oP$, $b = (010)\infty P\breve{\infty}$, $m = (\bar{1}11)P$, $o = (111)-P$, dazu wohl $e = (011)P\breve{\infty}$, $r = (\bar{1}01)P\bar{\infty}$ und $z = (131)-3P\breve{3}$, selten $M = (110)\infty P$. Durch das Alterniren von *m* und *o* entsteht horizontale Streifung. Messbare ⨯⨯ selten, am geeignetsten sind die aus den Silicatauswürflingen der Somma. Zw. in der oben (S. 530) angegebenen Weise, gewöhnlich dient (*001*)*o*P als Verwachsungsfläche. Auch treppenförmige Zw. nach den Gleitflächen $(133)-P\breve{3}$ und $(\bar{1}02)\frac{1}{2}P\bar{\infty}$. Aggregate schalig, schieferig, schuppig.

(*001*)*oP* höchst vollk., die Spaltblättchen sind elastisch biegsam. Bezüglich der Schlaglinien s. oben. Mild. H. = $2\frac{1}{2}$—3, G. = 2,8—3,2. Perlmgl. ins Metallische. Durchschein. bis undurchs. Dunkel gefärbt, dunkelbraun, dunkelgrün, schwarz, selten hellbraun oder grün. D.-Br. stark, negativ. A-E fast immer parallel zur S-E, also Glimmer II Art; diese, die auch eine etwas andere chem. Zus. haben, werden daher mit dem besonderen Namen Meroxen ($\rho < \upsilon$) belegt zum Unterschied von den seltenen Biotiten I Art, die als Anomit ($\rho > \upsilon$) bezeichnet werden. 1 M-L fast senkrecht auf (*001*)*oP*, bald etwas nach vorn, bald nach hinten gegen die Verticalaxe geneigt; A-W gewöhnlich klein, im Mittel 15^0, öfters sich 0^0 nähernd. Sehr kräftiger Pleochroismus und zuweilen Asterismus.

Die in der Ueberschrift angegebene Formel gilt nur für gewisse Biotite. Nicht nur hinsichtlich des Mg, Fe und Al findet ein Schwanken in der Zusammensetzung statt, sondern auch der Gehalt an SiO_2 variirt beträchtlich. So beträgt MgO im Mittel 10—30%, wird aber theilweise oder nahezu ganz durch FeO, sowie Al_2O_3 (11—20%) durch Fe_2O_3 ersetzt; für K_2O (5—11%) kann etwas Na_2O, für H etwas F und für SiO_2 (35—45%) etwas TiO_2 eintreten. Zur Erklärung dieser variabeln Zus. führt TSCHERMAK alle Biotite auf isomorphe Mischungen des Olivinsilicats $(MgFe)_{12}Si_6O_{24}$ mit der Muscovitsubstanz $H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$ zurück. — V. d. L. zu schwarzem Glase schmelzbar, je dunkler der Biotit, um so leichter. Von Salzsäure nur wenig angegriffen, dagegen von heisser concentrirter Schwefelsäure zersetzt.

Eingewachsen als wesentlicher oder accessorischer Gemengtheil der meisten Eruptivgesteine, namentlich in Graniten (Granititen), Glimmer-Syeniten und -Dioriten, in Porphyren und Trachyten, ebenso auch wichtig für Gneisse und Glimmerschiefer. Seiner leichten Zerstörbarkeit wegen fehlt er meist in den gewöhnlichen Sedimentgesteinen, findet sich aber in den contactmetamorphischen Hornfelsen. — In mehr oder minder aus-

gebildeten und aufgewachsenen XX in den Silicatauswürflingen der Somma, des Albaner Gebirges und des Laacher Sees.

Auf Grund optischer und chemischer Unterschiede zerfällt der Biotit in drei Varietäten:

1. Meroxen. Weitaus am gemeinsten und der normale Gemengtheil der biotitführenden Eruptivgesteine und krystallinen Schiefer; begreift die an Magnesia reichen und an Eisen armen, daher nicht ganz schwarzen Abarten, soweit ihre optische Axenebene mit der Symmetrieebene der XX zusammenfällt.

2. Anomit. In allen Beziehungen wie Meroxen, von dem er sich im Wesentlichen nur durch seine Lage der optischen A-E unterscheidet, die senkrecht auf der S-E steht. Seltener Gemengtheil von Gesteinen. Baikalsee, Greenwood Furnace bei Monroe in New-York; im Gneiss bei Krems in Nieder-Oesterreich, neben Meroxen im Nephelindolerit vom Katzenbuckel, im Trachyt von Monte Amiata.

3. Lepidomelan ist durch hohen Eisengehalt ausgezeichnet und demgemäss an MgO arm und von tief schwarzer Farbe. Die optische A-E liegt parallel der S-E. Findet sich in manchen Graniten und Gneissen. Bekanntere Fundorte sind Persberg in Schweden, Harzburg. Zum Lepidomelan gehören die besonders benannten Glimmer Haughtonit, Eisenglimmer und die fast ganz magnesiafreien Annit und Siderophyllit.

Bei der Umwandlung einiger Silicate kann Biotit entstehen, doch ist dieser Vorgang bei Weitem nicht so allgemein wie die Neubildung des hellen Glimmers, des Muscovit. Augit und Hornblende gehen am ehesten in Biotit über; auch giebt es Pseudomorphosen nach Skapolith und Granat. Biotit selbst ist wenig widerstandsfähig, bei der Umwandlung bleibt die Blätterigkeit theilweise erhalten oder es bilden sich roth, braun oder grün gefärbte, nicht selten metallisch glänzende (Katzengold), z. Th. auch ganz weiche und erdige Producte. Derartige veränderte Biotite, von denen ein Theil die Eigenschaften der Vermiculite (s. Anhang S. 537) besitzt, sind Rubellan, der rothe Glimmer der Basaltlaven und Tuffe, Pseudobiotit, Hydrobiotit, Voigtit, Helvetan, Eukamptit, Rhastolyt, Bastonit, Protovermiculit, Lucasit, Jefferisit, Culsageeit, Hallit, Dudleyit, Philadelphit, Caswellit genannt worden.

Phlogopit. Magnesiaglimmer z. Th. $(KH)_3Mg_3AlSi_3O_{12}$.

Monoklin, holoedrisch, mit den Axenelementen und Winkeln des Biotits, auch sonst morphologisch dem Biotit völlig entsprechend. Der Unterschied liegt in dem fast völligen Mangel an Eisen und dem andersartigen geologischen Vorkommen.

und Gleitflächen wie beim Biotit. G. = 2,75—2,97. Spaltblättchen werden durchs. Rothbraun, braunroth, gelblich und grünlich und selbst farblos. Optische A-E parallel der S-E, gehört also zum Glimmer II Art; A-W = ca. 15°, öfters auch kleiner. Zuweilen deutlicher Asterismus.

Im Wesentlichen ein kalihaltiges Magnesia-Thonerde-Silicat; für die Magnesia (27—29%) kann 1—2 FeO eintreten, etwas K wird durch Na, etwas H durch F ersetzt. An SiO_2 sind 41—44% vorhanden. Die chem. Zus. des Phlogopit ist nach Tschermak zurückzuführen auf die isomorphe Mischung des Olivinsilicats $Mg_{12}Si_6O_{24}$ mit dem Lepidolithsilicat. — Verhalten v. d. L. und gegen Säuren wie Biotit.

Vorkommen als Gemengtheil in körnigen Kalken und Dolomiten der krystallinen Schiefer und des Contacts. Pargas in Finland, Åker in Schweden, Campolongo im Tessin, Fassathal. New-York, mehrorts in Canada. Ferner in Serpentinen und auf den Apatitgängen von Bamle in Norwegen.

Zum Phlogopit gehören der natronhaltige Aspidolith, die beiden manganhaltigen Glimmer Manganophyllit und Ganophyllit, von denen letzterer bei der Verwitterung Wasser aufgenommen hat. Pholidolith ist fluorfrei, arm an Alkalien und Thonerde, aber reich an Kieselsäure. Auch manche baryumhaltige Glimmer scheinen dem Phlogopit nahe zu stehen. Der durch sein eigenthümliches Verhalten beim Erhitzen (s. S. 537) besonders ausgezeichnete Vermiculit von Millbury, Mass., ist nach Tschermak aus der Zersetzung des Phlogopit hervorgegangen.

Zinnwaldit. Lithioneisenglimmer, Lithiongl. z. Th. $F_2(KLi)_3FeAl_3Si_5O_{16}$.

Monoklin, holoedrisch, mit den Axenelementen des Biotits. — ⨯⨯ eingewachsen, tafelig mit sechsseitigem Umriss, fächer- oder fassförmig gruppirt. Combinationen und Zw. wie bei den übrigen Glimmern. Die Basis zerfällt öfters durch eine feine federförmige Fältelung in sechs Felder.

(001)oP höchst vollk. H. = 2—3, G. = 2,9—3,1. Perlmgl., ins Metallische. Blassviolett, grau, gelblich, braun, selten dunkelgrün. Optisch ein Glimmer II Art, also A-E parallel der S-E und $\rho < \upsilon$. A-W schwankend, fast 0° bis ca. 50°.

Formel problematisch. $K_2O = 5—13\%$, $Li_2O = 1—5\%$, etwas Na, 10—12 FeO, 44—47 SiO_2; F = 2—8%, ein Theil desselben kann durch (HO) vertreten werden. — Schmilzt v. d. L. leicht zur dunklen Perle und färbt die Flamme roth; von Säuren angegriffen.

In Zinnstein führendem Granit und Greisen. Zinnwald, Altenberg. Cornwall. — Wohl stets durch primäre Zersetzung entstanden.

Kryophyllit ist ein etwas SiO_2-reicherer (52%) Z. von Rockport, Mass. — Rabenglimmer von Altenberg, grünlichschwarz, mit sehr kleinem A-W, ist ein eisenreicher Z., im hellgrünlichen Polylithionit von Kangerdluarsuk ist umgekehrt der FeO-Gehalt sehr gering (0,9%), dagegen ein Maximum von SiO_2 vorhanden.

Lepidolith. Lithionglimmer z. Th. $F_2(KLi)_2Al_2Si_3O_9$.

Monoklin. — ⨯⨯ ein- und aufgewachsen, meist nur Blättchenform, wohl ausgebildete und messbare nicht bekannt. Zwillingsverwachsungen von zwei und drei Individuen wie bei den übrigen Glimmern. — Derb in schuppigen bis feinkörnig schuppigen Aggregaten.

(001)oP höchst vollk. H. = 2, G. = 2,8—2,9. Perlmgl. Pfirsichblüth- bis rosenroth, weiss, seltener grau, grünlich. Optisch meist ein Glimmer I Art, also A-E senkrecht zur S-E und $\rho > \upsilon$. Grosser A-W, zwischen 50—80° und darüber.

Chem. dem Zinnwaldit ähnlich, aber eisenfrei und reicher an SiO_2

(49—52%). — Schmilzt v. d. L. leicht zur weissen Perle; gewöhnliche Säuren unwirksam.

Neben fluorhaltigen Mineralien (Turmalin, Topas) in Graniten und granitischen Gängen. Rožena in Mähren, Schüttenhofen in Böhmen, Penig in Sachsen, Elba, Jekaterinburg, Paris in Maine. — Wohl stets durch primäre Zersetzung entstanden.

Der schuppige Li-haltige Cookeit ist entweder ein zersetzter Lepidolith oder ein glimmerähnliches Verwitterungsproduct der rothen Turmalinkrystalle von Hebron und Paris in Maine, denen er aufsitzt.

Muscovit. Kaliglimmer. Phengit. $H_4K_2Al_6Si_6O_{24}$.

Monoklin, holoedrisch mit den Axenelementen des Biotits. — XX ein- und aufgewachsen, selten von einer für das Messen geeigneten Beschaffenheit, mit tafeligem Habitus und hexagonalen Umrissen. Vom Ostufer des Ilmensees sind auch XX mit spitzpyramidalem Habitus bekannt. Gewöhnlichste Combination: $c = (001)oP$ (öfters fein gefältelt oder gestreift), $M = (110)\infty P$ 120° 11′, $b = (010)\infty P\breve{\infty}$, $m = (\bar{1}11)P$, selten treten hinzu $e = (011)P\breve{\infty}$, $y = (021)2P\breve{\infty}$, $x = (\bar{1}31)3P\breve{3}$, $N = (130)\infty P\breve{3}$. Zw. sehr häufig, gewöhnlich mit $(001)oP$ als Verwachsungsfläche; ebenso sind Druckzwillinge nicht selten. M. findet sich öfters in regelmässiger Verwachsung mit Biotit und anderen Glimmern. Aggregate schalig, schieferig, schuppig oder dicht. Letztere, von talk- und specksteinartigem Aussehen, werden als Sericit bezeichnet. Häufig in Pseudomorphosen.

⋕ $(001)oP$ höchst vollk., die Spaltblättchen sind elastisch biegsam. Bezüglich der Schlaglinien cfr. S. 531. Gleitflächen nach $(133)-P\breve{3}$ und $(\bar{1}02)\frac{1}{2}P\bar{\infty}$ sind häufig wie die damit zusammenhängenden treppenförmigen Zwillinge und rhomboedrischen Absonderungsstücke. Mild. H. = 2—3, G. = 2,76—3,1. Durchs. bis durchscheinend. Perlmgl. ins Metallische. Farblos, gelblich, bräunlich, grünlich, röthlich. D.-Br. stark, negativ. A-E senkrecht zur S-E, also Glimmer I Art. 1 M-L fast senkrecht zur Basis, etwa 1° nach rückwärts geneigt. 2 E = 65—85°. $\rho > \upsilon$. In Folge mikrolithischer Interpositionen zuweilen Asterismus. Bei Pennsbury, Pa., findet sich in Muscovitplatten braun durchscheinender Magnetit ausgeschieden.

Nur eine Reihe von Kaliglimmern, die SiO_2-ärmeren mit ca. 46 SiO_2, führt auf die oben angegebene Formel, die SiO_2-reicheren mit 52 SiO_2 werden wohl als Phengit unterschieden. Ein Theil von K (im Mittel 8—10 K_2O) wird durch Na vertreten, auch finden sich in geringen Mengen Mg, Ca, Fe. Charakteristisch ist ein kleiner Fluorgehalt. — V. d. L. ziemlich schwer zu einer grauen oder gelblichen Perle schmelzend; die gewöhnlichen Säuren sind unwirksam.

Eingewachsen als wesentlicher oder accessorischer Gemengtheil vieler Eruptiv- und Sedimentgesteine, namentlich in Graniten (Pegmatiten),

Gneissen und Glimmerschiefern, in Hornfelsen, auch in körnigen Kalken und Dolomiten. In jung vulkanischen Gesteinen fehlt dagegen Muscovit vollständig. Aufgewachsen weit seltener, auf Klüften von Graniten und Gneissen mit Adular und Albit, wie am St. Gotthard, im Zillerthal etc., zuweilen auch auf granitischen Drusen wie in den Mourne-Mountains in Irland etc. Die grossen Tafeln aus dem Ural, Ost-Indien, Nord-Amerika finden technische Anwendung.

Im Muscovit liegt eine sehr beständige und widerstandsfähige chemische Verbindung vor, das zeigt sich darin, dass, während er selbst schwer verwittert, eine grosse Anzahl Silicate durch den Process der Verwitterung bezw. der primären Zersetzung in Muscovit übergeführt werden kann, wie Andalusit, Disthen, Turmalin, Granat, Beryll, Cordierit, Skapolith, Nephelin, Feldspäthe. Manche pseudomorphe Bildungen sind früher für selbständig gehalten und mit besonderen Namen belegt, so sind Pseudomorphosen nach Cordierit als Gigantolith, Pinit z. Th., Oosit, Kataspilit (?), solche nach Nephelin als Gieseckit und Liebenerit, nach Feldspäthen als Pinitoid und Lepidomorphit, nach Spodumen als Killinit, nach Skapolith als Micarell bezeichnet worden.

Der dichte bis feinschuppige Muscovit, von gelblichgrüner Farbe, seidenglänzend, fettig anzufühlen, heisst Sericit und ist früher viel mit Talk verwechselt worden. Er ist wohl stets secundär aus anderen Silicaten hervorgegangen und bei seiner Bildung mögen tektonische Processe öfters wesentlichen Antheil gehabt haben. Er ist verbreitet in den Protogynen der Alpen, in den sericitischen Schiefern älterer Formationen (z. B. im Taunus), verleiht diesen den eigenthümlichen phyllitischen Glanz, im weissen Gebirge oder in den weissen Schiefern mancher Erzlagerstätten, wie zu Welmich, Werlau, Holzappel, Mitterberg, Agordo. Solche sericitische, d. h. talkähnliche dichte Muscovite besonderer Localitäten haben die mannichfachsten Namen erhalten: Damourit, Metasericit, Didymit, Onkosin, Hygrophyllit, Leukophyllit, Pyknophyllit. — Margarodit ist ein sericitisches Gemenge mit Paragonit und Margarit, er bildet das Muttergestein der schwarzen Turmaline aus dem Zillerthal; Euphyllit stellt ein blätteriges Gemenge der gleichen Mineralien von Unionville, Pa., dar. — Ephesit und Lesleyit sind Gemenge mit Korund. — Adamsit und Amphilogit sind Synonyma für Muscovit.

Chromglimmer (Fuchsit), smaragd- bis grasgrün, ist ein chromhaltiger Muscovit; bildet derbe Aggregate. H. = 1½—2, G. = 2,85—2,88. Schwarzenstein in Tirol. Ural. In Guatemala zu Artefacten verwendet. — Avalit vom Avala-Berg in Serbien ist ein mit Quarz gemengter, sehr chromreicher Muscovit.

Oellacherit aus dem Pfitschthal ist ein Ba-haltiger Muscovit. — Hierher dürfte auch der vanadinhaltige Roscoelith zu stellen sein, der in grünlichbraunen Schuppen auf Goldquarzadern in Californien auftritt.

Paragonit. Natronglimmer. Pregrattit. $H_4Na_2Al_6Si_6O_{24}$ mit geringem K-Gehalt.

Monoklin, mit den Axenelementen des Biotits. — Nur in feinschuppigen und dichten (Cossait) Aggregaten, weiss oder apfelgrün mit Perlmgl. oder schimmernd. H. = 2—2½, G. = 2,8—2,9. Axenwinkel gross.

V. d. L. fast unschmelzbar, sich zuweilen aufblätternd. Säuren unwirksam.

Als Paragonitschiefer Glied der krystallinen Schieferreihe, bildet das Muttergestein des Staurolith und Disthen vom Monte Campione bei Faido in Tirol, des Strahlsteins am Zillerthal. Insel Syra, Ural, Oberer See.

Anhang. Unter Umständen gehen aus den Glimmern, besonders aus den Magnesiaglimmern eine Reihe von wasserhaltigen und alkalifreien Zersetzungsmineralien hervor, die unter Beibehaltung des allgemeinen Glimmerhabitus dadurch ausgezeichnet sind, dass sie sich beim Erhitzen aufblähen und zu einem voluminösen, sich wurmförmig krümmenden Körper anschwellen. Sie werden deshalb wohl als Vermiculite zusammengefasst. Dahin gehören neben den früher beim Biotit und Phlogopit schon genannten Vermiculit, Protovermiculit, Lucasit, Jefferisit, Culsageeit, Hallit, Philadelphit noch Vaalit, Davreuxit, Leverrierit, Hydrophlogopit, Maconit, Roseit, Kerrit, Lennilith.

Clintonitgruppe.

(Sprödglimmer.)

Die Sprödglimmer bieten hinsichtlich der Formentwicklung, des Zwillingsbaus, der Spaltung und der optischen Verhältnisse grosse Aehnlichkeit mit den gewöhnlichen Glimmern. Sie sind monoklin mit rhomboedrischem Habitus, $\beta =$ ca. 90°, ausgezeichnet durch eine hohe # nach der Basis; die Spaltblättchen sind aber spröd und leicht zerbrechlich. Sie sind durchweg härter als die Glimmer. In chemischer Hinsicht sind sie basische Kalk- oder Magnesia-Thonerde-Silicate; die drei charakteristischen Glieder Xanthophyllit, Brandisit und Clintonit lassen sich nach Tschermak als isomorphe Mischungen von $H_2CaMg_4Si_3O_{12}$ und $H_2CaMgAl_6O_{12}$ betrachten.

Margarit. Kalkglimmer. Perlglimmer. $H_2CaAl_4Si_2O_{12}$.

Monoklin, holoedrisch. — Form und Zwillingsverwachsung der seltenen XX wie am Biotit, daher auch wohl zu den echten Glimmern gestellt; gewöhnlich in dünnen sechsseitigen Tafeln und in körnigblätterigen bis schuppigen Aggregaten.

(001)oP sehr vollk., doch etwas weniger als an den übrigen Glimmern. Die Spaltblättchen sind spröde und zerbrechlich. H. = $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$, G. = 3. Starker Perlmgl. Durchschein. Weiss, röthlichweiss, perlgrau. Glimmer I Art. $\rho < \upsilon$. Grosser A-W (ca. 120°), die M-L weicht um 6—8° von dem Loth auf der Spaltfläche nach hinten ab.

Im Mittel 10 CaO, 50 Al_2O_3, 30 SiO_2, etwas Mg, Na und F. — Bläht sich v. d. L. auf, aber schmilzt sehr schwer; von Säuren angegriffen.

Neben Korund und Smirgel zu Naxos und an anderen Orten des griechischen Archipels und Kleinasiens, in Pennsylvanien, Massachusetts, Nord-Carolina, Georgia etc. Auf den Smaragdgruben an der Takowaja. Seltener im Chloritschiefer wie am Greiner in Tirol.

Emerylith, Diphanit, Corundellit, Clingmanit sind Synonyma für Margarit.

Xanthophyllit (Waluewit). $H_8(MgCa)_{14}Al_{16}Si_5O_{52}$. Monoklin. Die als Waluewit bezeichneten XX sind tafelig, erscheinen wie Basis mit Rhomboeder,

sind aber monokline Combinationen. Basis meist glatt, Seitenflächen gerunzelt. Zwillingsbildungen analog den Glimmern, namentlich mit Uebereinanderschichtung der Individuen ganz allgemein. Gewöhnlich in Aggregaten. ⌗ (001)oP sehr vollk. H. = 4—5 auf (001)oP, 5—6 auf den Seiten, G. = 3,0—3,1. Starker Perlmgl. Durchschein. Die Aggregate sind wachsgelb, die XX (Waluewit) lauchgrün. A-E parallel zu (010)∞P$\breve{\infty}$. M-L sehr nahe senkrecht zur Basis. A-W = 17—32°. Stark pleochroitisch. Wird v. d. L. trübe, ohne zu schmelzen; von heisser Salzsäure sehr schwer zersetzt. In Talkschiefer der Schischimskischen Berge im District Slatoust, als Waluewit im Chloritschiefer bei Achmatowsk.

Brandisit (Disterrit). $H_8(MgCa)_{12}Al_{12}Si_5O_{44}$. Monoklin. Dünne sechsseitige Tafeln mit complicirtem Zwillingsbau nach dem Glimmergesetz. ⌗ (001)oP vollk. H. = 5 auf (001)oP, sonst 6, G. = 3—3,1. Glasgl., wenig durchs. Lauch- bis schwärzlichgrün. A-E parallel (010)∞P$\breve{\infty}$. A-W = 18—35°. Trübt sich v. d. L., ohne zu schmelzen. Von Säuren schwer angegriffen. Monzoni.

Clintonit (Seybertit). $H_6(MgCa)_{10}Al_{10}Si_4O_{36}$. Monoklin. Dicke sechsseitige Tafeln mit runzligen Seitenflächen; sonst wie Brandisit. ⌗ (001)oP vollk. Sehr spröd. H. = 4—5, G. = 3,1. Glasgl., ins Metallische; auf Bruchflächen schimmernd. Durchschein. Röthlichbraun bis gelb. A-E senkrecht (100)∞P$\bar{\infty}$. A-W = 3—13°. Trübt sich v. d. L., ohne zu schmelzen; wird von concentrirter Salzsäure ohne Gallertausscheidung gelöst. In den körnigen Kalken von Amity und Warwick in New-York. — Chrysophan, Holmesit, Holmit sind Synonyma.

Chloritoid (Chloritspath). $H_2FeAl_2SiO_7$. Monoklin. Sechsseitige, zuweilen langgestreckte Tafeln, vielfach aus über einander geschichteten Zwillingslamellen bestehend. Gewöhnlich derb in blätterigen, büscheligen und krummschaligen Aggregaten. ⌗ (001)oP vollk., spröd. H. = 5—7, G. = 3,4—3,6. Glasgl. ins Perlmutterartige, auf den Seiten Wachsgl. Fast undurchs. Schwärzlichgrün bis schwarz. Str. grünlichweiss. A-E parallel S-E. 1 M-L ist positiv, gegen das Loth auf der Basis ca. 12° geneigt. A-W gross und schwankend. Sehr stark pleochroitisch. Sehr schwer schmelzbar v. d. L., von Säuren schwierig zersetzt. In krystallinen Thon- und Glimmerschiefern, die stellenweise in Chloritoidschiefer übergehen können, öfters neben Glaukophan. Im Marmorbruch Mramorskoi bei Kossoibrod unweit Jekaterinburg neben Diaspor und Smirgel, ähnlich am Gumuch Dagh in Kleinasien. Pregratten in Tirol, Kaisersberg in Steiermark, Saas und Zermatt in der Schweiz. St. Marcel. Mehrorts in den Ver. Staaten und in Canada. — Barytophyllit (Kossoibrod), Masonit (dunkelblaugrün, Rhode Island), Newportit (ebendaher), Phyllit (Sterling), Salmit (Viel-Salm in Belgien), Sismondin (St. Marcel) sind Synonyma.

Ottrelith in kleinen dünnen Tafeln von grünlichgrauer bis schwarzgrüner Farbe, fest in Thonschiefer eingewachsen ist ebenfalls Chloritoid, dessen typisches Vorkommen allerdings einen beträchtlichen Mangangehalt aufweist. Ottrez in den Ardennen, Aste im Val d'Ossau in den Pyrenäen, Ebnat in der Oberpfalz etc. Dahin auch Venasquit von Vénasque in den Pyrenäen.

Weiter mögen hier anhangsweise bei den Sprödglimmern ihrer physikalischen Aehnlichkeit wegen angereiht werden, obwohl sie davon durch den Mangel an Al_2O_3 wesentlich verschieden sind:

Astrophyllit. $(KNaH)_4(FeMn)_4(SiTi)_5O_{16}$, etwas ZrO_2-haltig. XX mit monoklinem oder triklinem Habitus, neuerdings als rhombisch gedeutet, bilden sechsseitige, nach der Brachyaxe gestreckte und meist strahlig oder sternförmig gruppirte Tafeln. ⌗ (001)oP vollk., spröd. H. = 3½, G. = 3,3—3,4. Glasgl., etwas metallisch. Durchschein. Gelbbraun bis goldgelb. Deutlich pleochroitisch. Schmilzt v. d. L.

leicht zu einer schwarzen Perle. Aus den Eläolithsyeniten des Langesundfjords, von Kangerdluarsuk, und El Paso Co., Colorado.

Pyrosmalith. $H_7(FeMn)_5Si_4O_{16}Cl$. Hexagonal, rhomboedrisch. Tafelige oder säulige, aufgewachsene XX der Combination (0001)oR, (10$\bar{1}$0)∞R, seltener mit (10$\bar{1}$1)R. Derb und in körnigen Aggregaten. # (0001)oR vollk., spröd. H. = 4—4½, G. = 3—3,2. Metallischer Perlmgl., sonst Fettgl., durchschein. bis undurchs. Leberbraun bis olivengrün. Schmilzt v. d. L. leicht zu schwarzer Perle. Nordmarken bei Filipstad in Wermland, Dannemora. — In seinen Eigenschaften ist dem P. verwandt der Cl-freie Ekmannit von Grythyttan in Schweden.

Friedelit. $H_7Mn_5Si_4O_{16}Cl$ ist ein eisenfreier oder armer Pyrosmalith. Die seltenen rhomboedrischen XX sind tafelig nach (0001)oR, wonach auch vollkommene #. Gewöhnlich in derben rhodonitähnlichen Aggregaten. H. = 4—5, G. = 3,07. Rosenroth. Neben Mangancarbonat und Silicat. In grösserer Menge zu Adervielle in den Pyrenäen und hier als Manganerz gewonnen. Harstigsgrube bei Pajsberg in Wermland.

Chloritgruppe.

Die Chlorite zeigen eine grosse Aehnlichkeit mit den Glimmern, was sich namentlich in der Analogie der Krystallform, in der höchst vollkommenen Spaltbarkeit nach der Basis und in der gelegentlichen Verwachsung beider Mineralien ausspricht. Chemisch sind die Chlorite basische (wasserstoffhaltige) Magnesia-Thonerde-Silicate mit isomorpher Beimischung von Eisenoxyden, sind aber im Gegensatz zu den Glimmern frei von Alkalien. Während ein Theil derselben, die eigentlichen Chlorite oder Orthochlorite, nur nach ihrem Mischungsverhältniss unterschiedene Glieder einer isomorphen Reihe darstellt und in ausgebildeten monoklinen XX auftreten kann, erscheint ein anderer Theil, die chloritähnlichen Leptochlorite, nur in Aggregatform und lässt sich chemisch nicht ohne Weiteres auf das Mischungssilicat jener Orthochlorite zurückführen. Ausserdem sind die Orthochlorite sämmtlich widerstandsfähig gegen Salzsäure, vor der sie entweder gar nicht oder nur wenig angegriffen werden und verlieren bei Temperaturen unter 500° kein oder nur wenig Wasser, während die Leptochlorite leicht von Salzsäure zersetzt werden und ihr Wasser schon unter 500° einbüssen.

a) Isomorphe Reihe der Orthochlorite.

Monoklin, holoedrisch. — Axenelemente für alle Glieder derselben. a : b : c = 0,5773 : 1 : 2,2771. β = 90° 20′ (Tschermak). Habitus ausgesprochen rhomboedrisch oder hexagonal und scheinbar optisch einaxig, was auf lamellare Uebereinanderschichtung resp. Zwillingsbildung zurückzuführen ist. Einfache Individuen sind überhaupt sehr selten; von den Zwillingsverwachsungen sind zwei Gesetze häufiger vertreten. 1. Glimmergesetz, Zwillingsfläche eine senkrecht zur Basis stehende Fläche aus der Zone [(001) (110)], entsprechend dem gewöhnlichen Zwillingsgesetz am Glimmer (cfr. S. 530), wobei die Endflächen zusammenfallen, entweder mit Ueberlagerung, die vielfach wiederholt sein kann, oder in Nebeneinanderlagerung, auch Durchkreuzung von zwei resp. drei Individuen. 2. Penningesetz. Zwillings- und Verwachsungsfläche die Basis. Dabei bleiben die Zonen der einzelnen Flächen erhalten; auch hier tritt häufig polysynthetische Wiederholung ein. — Wie beim Glimmer, so kommt auch hier zuweilen eine auf Sectoren vertheilte feine Fältelung der Basis vor. — Die optische A-E ist gewöhnlich parallel (010)∞P$\breve{\infty}$, seltener senkrecht dazu. Die 1 M-L ist bald positiv, bald negativ, und weicht mehr oder minder von dem Loth auf der

Spaltfläche ab. A-W schwankt sehr, selbst am selben XX, von 0°—90° und darüber. Ausgezeichneter und kräftiger Pleochroismus. Schlag- und Druckfiguren lassen sich ähnlich wie beim Glimmer beobachten.

Chemisch entsprechen sie nach TSCHERMAK's Untersuchungen isomorphen Mischungen zweier Silicate, des Amesitsilicates At = $H_4Mg_2Al_2SiO_9$ mit 28,78 MgO, 36,69 Al_2O_3, 21,58 SiO_2 und 12,95 H_2O und des Serpentinsilicates Sp = $H_4Mg_3Si_2O_9$ mit 43,48 MgO, 43,48 SiO_2 und 13,04 H_2O. Bei den fünf unterschiedenen Gliedern Amesit, Korundophilit, Prochlorit, Klinochlor und Pennin liegt der Kieselsäuregehalt etwa zwischen 24—36%; mit wachsender SiO_2 steigt MgO und nimmt Al_2O_3 ab. Ein Theil der MgO wird regelmässig durch FeO, auch wohl durch CrO ersetzt; auch für Al_2O_3 kann Fe_2O_3 eintreten. Das Wasser entweicht erst in der Glühhitze. Die Orthochlorite treten als Glieder der krystallinen Schieferreihe gesteinsbildend (Chloritschiefer) auf, namentlich betheiligt sich Klinochlor reichlich, während Pennin zurücktritt; sie bilden häufig das Muttergestein des Magnetit, Strahlstein, Granat, Dolomit. Die aufgewachsenen XX auf Klüften von Chloritschiefer sind öfters mit Bergkrystall, Adular, Albit, Diopsid, Granat vergesellschaftet. In vielen Fällen sind die Chlorite secundär aus anderen Silicaten, namentlich aus Augit und Hornblende hervorgegangen; in vielen Diabasen ist aller Augit in Chlorit umgewandelt.

Amesit, $H_4Mg_2Al_2SiO_9$, ist der SiO_2-ärmste der Orthochlorite, eine Analyse ergab 21,4 SiO_2; nach TSCHERMAK gehören hierher neben der reinen Amesitsubstanz noch Mischungen bis 4 At mit 1 Sp. Sechsseitige Tafeln und blätterige Aggregate. Grün, Talkähnlich. Auf rosarothem Diaspor von Chester, Mass.

Korundophyllit, entspricht einer Mischung von 4 At mit 1 Sp bis 7 At mit 3 Sp; eine Analyse ergab 23,84 SiO_2. Dunkelgrün. Neben Korund bei Asheville, Nord-Carolina und Chester, Mass.

Prochlorit. Chlorit WERNER. Rhipidolith G. ROSE.

Monoklin, holoedrisch. — Keine deutlichen XX, meist nur kleine sechsseitige Tafeln und Schuppen, die zu kamm- und wulstförmigen Aggregaten verbunden sind. Häufig auch in wurmförmig gewundenen Säulchen (Helminth zum grössten Theil), in Kugelform, in schuppigen lockeren und erdigen Anhäufungen, in Schüppchen- oder Staubform als Ueberzug und Imprägnation von Bergkrystall, Adular, Periklin, Titanit etc. Derb im Chloritschiefer.

Mild und sehr weich. H. = 1, G. = 2,78—2,95. Durchschein., geringer Glanz, nur zuweilen perlmutterartig. Lauch- bis schwärzlichgrün. Sehr schwach pleochroitisch.

Entspricht chemisch der Mischung von 7 At mit 3 Sp bis 3 At mit 2 Sp; ca. 27 SiO_2. — V. d. L. fast unschmelzbar; von concentrirten Säuren zersetzt.

Wesentlicher Gemengtheil der Chloritschiefer, namentlich der Magnetit führenden; auf Trümmern im Serpentin. Häufiges Verwitterungsmineral von Augit und Hornblende.

Onkoit von Rauris und St. Gotthard ist eine eisenreiche Varietät des Prochlorits; Phyllochlorit, Gemengtheil in den Phylliten des ostbayerischen Grenzgebirges ist reich an FeO. — Lophoit sind kammförmig zusammengehäufte XX

des Prochlorits genannt. — Grochauit bildet die Gangmasse des Chromits von Grochau bei Frankenstein. — Pattersonit ist ein Prochlorit von Unionville, Pa.

Klinochlor. Chlorit G. Rose. Rhipidolith v. Kobell.

Monoklin, holoedrisch. — XX aufgewachsen, zu Drusen gruppirt. Der Habitus ist entweder hexagonal (Typus Zillerthal) und dann theils pyramidal, rhomboedrisch und tafelig oder deutlich monoklin (Typus Achmatowsk). Nicht selten sind auch wurm- oder schraubenförmig gekrümmte Säulchen (Typus Ala, Helminth zum kleineren Th.). Die XX sind z. Th. flächenreich, am gewöhnlichsten $c = (001)oP$, $n = (\bar{2}25)\,{}^2/_5 P$, $m = (112) - {}^1/_2 P$, $o = (\bar{1}11)P$, $b = (010)\infty P\breve{\infty}$, $t = (043)\,{}^4/_3 P\breve{\infty}$, $i = (\bar{1}01)P\bar{\infty}$, $v = (132) - {}^3/_2 P\breve{3}$. Die Combination der zuletzt aufgeführten Flächen i und v würde das Rhomboeder R des Pennin geben. Zw. und Drillinge nach dem Glimmer- und dem Penningesetz ganz allgemein, namentlich in Uebereinanderlagerung, aber auch in Juxtaposition und Penetration. Derb in schuppigen Aggregaten als wesentlicher Bestandtheil der Chloritschiefer.

$(001)oP$ vollk., mild. H. = 2, G. = 2,55—2,78. Durchschein. Auf $(001)oP$ Perlmgl., sonst Glasgl. bis Fettgl. Bläulich- bis schwärzlichgrün. A-E meist parallel, sonst senkrecht zu $(010)\infty P\breve{\infty}$. A-W = 10—86°. Pleochroitisch wie Pennin.

Entspricht dem Mischungsverhältniss 2 Sp mit 3 At bis 1 Sp mit 1 At; ca. 30 SiO_2. — V. d. L. schwer zu graulichgelber Perle schmelzend; von Schwefelsäure zersetzt.

Schöne XX auf Klüften in Chloritschiefer zusammen mit Granat und Diopsid: Alathal in Piemont, Zermatt in der Schweiz, Pfitsch, Pfunders, Schwarzenstein in Tirol, Achmatowsk. In grossen, oft dreiseitigen Tafeln von Westchester und Unionville, Pa. Derb im Chloritschiefer.

Kotschubeyit ist ein rother chromhaltiger K. aus der Nähe der Goldseifen von Karkadinsk im südlichen Ural, — der entenblaue grossblätterige Tabergit von Taberg in Wermland stellt eine Verwachsung von K. mit Biotit vor.

Pennin.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5773 : 1 : 2{,}2771$. $\beta = 90^0\ 20'$ (Tschermak). — XX aufgewachsen, zu Drusen gruppirt, mit ausgesprochen rhomboedrischem Habitus, derart, dass die XX neben der Basis entweder von einem niedrigen Rhomboeder $(10\bar{1}1)R$, aus $i = (\bar{1}01)P\bar{\infty}$ und $v = (132) - {}^3/_2 P\breve{3}$ zusammengesetzt und gegen die Basis um ca. 104° geneigt, oder von einem spitzen langgestreckten Rhomboeder $(30\bar{3}1)3R$ mit einer Neigung zur Basis von ca. 95° begrenzt zu sein scheinen. Die Rhomboederflächen sind horizontal gestreift. Auch eine scheinbare Säule II Art kann auftreten. Diese rhomboedrischen Formen sind aber mimetische, hervorgegangen aus der Drillingsverwachsung von XX der Klinochlorform nach dem Glimmergesetz. Solche Drillinge sind öfters

nach dem Penningesetz noch einmal in treppenförmiger Uebereinanderschichtung verzwillingt. — Dichte derbe Aggregate von serpentinartiger Beschaffenheit und apfelgrüner Farbe sind Pseudophit genannt, typisch am Zdjar-Berg bei Aloisthal in Mähren.

(001)oP vollk. Mild. H. = 2 1/2, G. = 2,6—2,8. Perlmgl. Durchs. bis durchschein. Bläulichgrün. D.-Br. schwach, positiv oder negativ; zumeist scheinbar optisch einaxig. Pleochroismus zwischen grün und braunroth.

Entspricht chemisch der Mischung von 1 Sp mit 1 At bis 3 Sp mit 2 At und ist der an SiO_2 reichste (ca. 33 SiO_2) Chlorit. — Blättert sich v. d. L. auf und schmilzt zu gelblicher Perle. Von Salzsäure zersetzt.

Nur untergeordnet als Gemengtheil von Chloritschiefern, vorzugsweise auf Klüften. Schöne XX an der Rympfischwäng am Findelengletscher bei Zermatt; aus dem Binnenthal; Pfitsch; Alathal in Piemont. — Pseudophit ausser vom Zdjar-Berg noch von Plaben und Czkyn im südlichen Böhmen und den Zoutpansbergen in Transvaal.

Leuchtenbergit, in sechsseitigen Tafeln und schaligen Aggregaten von den Schischimskischen Bergen bei Slatoust, ist ein gelber, fast eisenfreier Pennin. — Kämmererit in sechsseitigen Tafeln und blätterigen Aggregaten ist ein rother, chromhaltiger (5% Cr_2O_3) Pennin. Auf Chromit mit Uwarowit aus der Gegend von Bissersk im Bezirk von Jekaterinburg, desgl. auf den Shetlandsinseln, Kraubat in Steiermark, Schwarzenberg am Zobten. — Rhodochrom, roth, ist nur eine derbe Varietät des Kämmererit. Insel Tinos, Kyschtymsk am Ural. — Als Chromchlorit oder Rhodophyllit ist das Vorkommen chromhaltigen Pennins von Texas, Pa. bezeichnet worden.

Pyrosklerit aus dem körnigen Kalk von St. Philippe bei Markirch, in nierigen, wachsglänzenden Massen von hellgrüner Farbe vorkommend, ist Pseudophit, hervorgegangen aus der Zersetzung von Feldspath.

b) Reihe der Leptochlorite.

Im Habitus, den sonstigen Eigenschaften und in der chemischen Zusammensetzung den echten Chloriten sehr ähnlich, kommen aber mit Ausnahme des Cronstedtit nur in schuppigen, erdigen oder dichten Aggregaten vor und sind chemisch nicht unmittelbar aus der Mischung der Orthochloritsubstanzen ableitbar. Vielfach betheiligt sich Eisen in grösserer Menge als Vertreter bis zur völligen Verdrängung der MgO, so dass manche Leptochlorite geradezu Eisenerze bilden. Dementsprechend kann man wohl Magnesialeptochlorite und Eisenleptochlorite unterscheiden. — Ihrer Entstehung nach sind die meisten Leptochlorite Umwandlungsproducte, namentlich von Augit, Hornblende und Biotit. In den nachstehenden Formeln ist alles Wasser als Hydroxyl angegeben.

Daphnit. Monoklin? Eisenthonerdesilicat mit 39 FeO und 23,6 SiO_2. Kugelige oder traubige Aggregate mit radialblätteriger und concentrisch schaliger Structur. Grün. Weich und mild. G. = 3,172. Von Salzsäure zersetzt. Ueberzüge bildend auf XX von Arsenkies und Quarz von Penzance in Cornwall.

Chamosit (Berthierin, Bavalit). $H_6Fe_3Al_2Si_2O_{13}$? Krystallform? Ein grünlichgraues bis grünschwarzes, dichtes oder klein-oolithisches Eisenerz mit 36—42 FeO.

Schichtartig im Jura von Chamoson im Wallis, an den Windgällen in Uri, findet sich auch in der Minette Lothringens. Im Untersilur von Schmiedefeld bei Saalfeld, Kupferberg in Schlesien und der Gegend von Prag.

Metachlorit. Schmale Trümmer von dunkelgrüner Farbe und blätterig-stengliger Structur im Schalstein vom Büchenberg bei Elbingerode. H. = 2—3, G. = 3,173. Von Säuren leicht zersetzt. 40 FeO, 24 SiO_2.

Klementit. Sechsseitig begrenzte, wahrscheinlich monokline Blättchen und schuppige Aggregate. Dunkel olivengrün. G. = 2,835. Von Salzsäure theilweise zersetzt. 9,72 FeO, 5,84 Fe_2O_3, 27,13 SiO_2. Auf Quarztrümmern bei Viel-Salm in Belgien.

Thuringit (Owenit). $H_{18}Fe_8(AlFe)_8Si_6O_{41}$. Derbe Massen, kleinschuppig oder kleinkörnig von pistazien- bis dunkelgrüner Farbe. Stark pleochroitisch. H. = 2—2½, G. = 3,2. Durch Salzsäure zersetzt. 31—35 FeO, 12—18 Fe_2O_3, 23 SiO_2. Eisenerz! Schichtartig in untersilurischen Thonschiefern von Schmiedefeld bei Saalfeld und im Fichtelgebirge; linsenförmig in Chloritgneiss ähnlichen Gesteinen am Zirmsee in Kärnten.

Cronstedtit. $H_8Fe_4Fe_4Si_3O_{20}$. Krystallform scheinbar rhomboedrisch-hemimorph, wahrscheinlich aber monoklin. Kegelförmige, sechs- oder dreiseitige Pyramiden, auf der einen Seite durch die Basis abgeplattet, auf der andern spitz auslaufend. Zw. nach (001)oP. Gewöhnlich nierige Aggregate von radialfaseriger, stengliger oder blätteriger Structur. ⌗ (001)oP vollk. H. = 2½, G. = 3,3—3,5. Starker Glasgl., undurchs. Tief schwarz. Str. dunkelgrün. 25—40 FeO, 18—43 Fe_2O_3, 17—32 SiO_2. Přibram, Kuttenberg, Cornwall. Das Vorkommen von Congonhas do Campo in Brasilien wurde Sideroschisolith genannt.

Stilpnomelan. Blätterige, stenglige, faserige bis dichte Aggregate mit vollkommener ⌗ nach einer Richtung. H. = 3—4, G. = 2,8—3. Starker Glasgl. bis Perlmgl. auf der Spaltfläche, sonst Fettgl. Durchschein. bis undurchs. Schwarz oder grünlichschwarz. Str. olivengrün oder grünlichgrau. Von Säuren langsam zersetzt. 34—38 FeO, 44—46 SiO_2. Obergrund bei Zuckmantel, Bennisch u. a. O. in Oesterr.-Schlesien, Kriesdorf bei Hof in Mähren, Weilburg in Nassau, Nordmarken in Wermland. Eisenerz! — Hierher gehört auch Chalkodit von Antwerp in New-York; bildet kleine halbkuglige strahlige oder sternförmig gruppirte Aggregate, auch dünne sammetartige Ueberzüge. Schwärzlichgrün bis gelblichbraun, halbmetallischer Glanz.

Epichlorit. Asbestartige, gerad- oder krummstenglige oder faserige Aggregate. H. = 2—2½, G. = 2,76. Fettgl. Dunkellauchgrün. Von Salzsäure langsam zersetzt. Auf Trümmern im Serpentin des Radauthals bei Harzburg.

Euralith. $H_{16}(MgFe)_9(AlFe)_4Si_7O_{37}$. Mikrokrystallin, dicht. Dunkelgrün. H. = 2—3, G. = 2,62. Von Salzsäure zersetzt. Auf Klüften eines Olivindiabases im Eura-Kirchspiel im südöstlichen Finland.

Strigovit. $H_4(FeMn)_2(AlFe)_2Si_2O_{11}$. Feinschuppige bis dichte schwärzlichgrüne Ueberzüge in Drusenräumen des Granits bei Striegau. Str. graugrün. G. = 3,144.

Diabantit (Diabantachronnyn). Auf Mandeln, Hohlräumen und Klüften von Diabasen des Voigtlandes und Frankenwaldes als dunkelgrünes dichtes Aggregat oder staubartiges Pigment ausgeschieden. Stark pleochroitisch. H. = 1—2½, G. = 2,8—2,9 Von Salzsäure zersetzt. Verwitterungsproduct des Augits.

Aphrosiderit. $H_{10}Fe_6(AlFe)_4Si_4O_{25}$. Sehr feinschuppige Aggregate von oliven- bis schwärzlichgrüner Farbe. H. = 1, G. = 2,8. Von Salzsäure zersetzt. Auf Rotheisen bei Weilburg und Auwal bei Prag; in granitischen Drusen von Striegau und Königshain. Aus Aphrosiderit besteht wahrscheinlich auch die Substanz von Granatpseudomorphosen vom Oberen See.

Delessit (Eisenchlorit). $H_{10}(MgFe)_4(AlFe)_4Si_4O_{23}$. Bildet die Wandauskleidung der Mandelräume und die Umhüllung der Mandeln in den Melaphyren und Por-

phyriten, füllt aber öfters die Höhlungen auch allein aus. Dicht mit radialfaseriger oder schuppiger Structur. Olivengrün bis schwärzlichgrün. Str. heller grün. Pleochroitisch. H. = 2—3, G. = 2,6—2,9. Von Säuren zersetzt. Oberstein, Zwickau in Sachsen, Mielin in den Vogesen, Böhmen, Schlesien, Fassathal etc. Dem Delessit steht wohl der Chloropit nahe, dem die Diabase ihre grüne Färbung verdanken, ebenso Grengesit von Grengesberg in Dalarne.

Rumpfit. $H_6MgAl_4Si_2O_{14}$. Derbe feinkörnige oder feinschuppige Aggregate. H. = 1—2, G. = 2,675. Grünlichweiss. V. d. L. unschmelzbar, Säuren unwirksam. Auf Klüften des Magnesits von St. Michael in Obersteiermark. —

Den Leptochloriten stehen als wasserhaltige Mg-Fe-Al-Silicate folgende chemisch noch nicht ausreichend erforschte Mineralien nahe:

Hullit. Isotrop. Derb. Schwach wachsglänzend. Sammetschwarz. H. = 2, G. = 1,76. Ausfüllung von Spalten und Hohlräumen im Basalt von Belfast in Irland und Kinkell in Schottland.

Melanolith. Faserige, stenglige oder schuppige Aggregate. Schwarz; Fettgl. Str. dunkelgrün. H. = 2, G. = 2,69. Als Ueberzug auf Klüften im Syenit bei Charlestown, Mass.

Leydyit. Derbe warzige Krusten und als Anflug. Gras-, blau- oder olivengrün. Str. weiss. H. = 1½. Schmilzt v. d. L. unter Aufschäumen. Leicht löslich in Säuren. Auf einem Quarzgang im Gneiss bei Leiperville, Pa.

Schuchardtit. Erdig-schuppige Aggregate, in Platten und Knollen. Sehr weich; fettig anzufühlen. Apfelgrün in Folge seines Ni-Gehalts. Zerfällt in Wasser, begleitet den Chrysopras von Frankenstein. —

Den Leptochloriten äusserlich ähnlich, aber durch geringeren Gehalt an Al_2O_3 und MgO, höheren an SiO_2 und Alkalien unterschieden und wohl nur als mechanische Gemenge zu deuten sind:

Glaukonit, in kleinen schiesspulverartigen grünen Körnern und als Steinkern von Foraminiferen, vielfach in Sanden, Sandsteinen, Mergeln eingesprengt. G. = 2,3. Zus. schwankend: wasserhaltiges Al-Fe-Silicat mit 2—15 K_2O. Letzterer Gehalt macht sie zu künstlichem Dünger geeignet. In allen geologischen Formationen, namentlich in Kreide und Tertiär. In grosser Masse in New-Jersey.

Seladonit (Grünerde z. Th.). Dicht und derb. Br. uneben bis feinerdig. Matt, im Str. glänzend. H. = 1—2, G. = 2,8—2,9. Seladongrün ins Bräunlich- und Schwärzlichgrüne, auch apfelgrün. Chemisch ähnlich zusammengesetzt wie Glaukonit. — V. d. L. zu schwarzer magnetischer Perle schmelzend; von kochenden Säuren entfärbt und zersetzt. Secundäres Mineral. Als Ausfüllung von Mandelräumen und als pseudomorphe Bildung nach Augit, z. B. Fassathal und Oberer See.

Talk- oder Serpentingruppe.

Hierher gehören die wasser- bezw. wasserstoffhaltigen Magnesiasilicate. Sie sind frei von Thonerde, was sie hauptsächlich von den Chloriten unterscheidet, mit denen sie sonst manche Aehnlichkeit haben. Ein Theil MgO kann durch FeO, auch wohl durch NiO vertreten werden. Alle sind secundäre Mineralien, hervorgegangen aus der Verwitterung oder Zersetzung von Al_2O_3-freien oder -armen Mg-Silicaten; so erklärt sich auch der geringe Thonerdegehalt einiger, nicht homogener Arten. Sie finden sich zumeist in derben, mikro- bis kryptokrystallinen Aggregaten, woher es kommt, dass sie in krystallographischer und chemischer Hinsicht vielfach noch Zweifel offen lassen.

Serpentin. $H_4Mg_3Si_2O_9$.

Nur in krypto- und mikrokrystallinen Aggregaten bekannt, wegen seiner Beziehung zur Chloritgruppe wahrscheinlich monoklin. Die Aggregate erscheinen meist völlig dicht, seltener faserig, blätterig und schuppig; derb und eingesprengt, in Platten, Trümmern und Pseudomorphosen.

Bruch muschlig oder splittrig; mild, politurfähig. H. = 3—4, G. = 2,5—2,7. Matt oder schimmernd. Durchschein. bis undurchs. Ueberaus mannichfach gefärbt; geadert und farbig geflammt; namentlich vorherrschend grüne Farben in allen Abstufungen, ferner rothbraun und schwarz. Gerade Auslöschung seiner Fasern.

Der Zus. würde auch die Formel $3MgO, 2SiO_2 + 2H_2O$ entsprechen, aber erst bei grösserer Hitze, z. Th. erst bei Rothgluth entweicht Wasser, im Ganzen 13%; enthält gewöhnlich FeO, öfters auch etwas NiO; 43,48 SiO_2. — V. d. L. sehr schwer und nur in den feinsten Splittern schmelzbar; mit Co-Solution blassroth. Von Säuren unter Abscheidung schleimiger SiO_2 zersetzt.

Serpentin tritt gesteinsbildend auf und findet sich namentlich im Gebiet der krystallinen Schiefer, aber auch in jüngeren Formationen in Form von Lagern, Stöcken, Gängen, Trümmern und eingesprengt. An zahlreichen Punkten der Erde.

Man hat zwei Varietäten zu unterscheiden, die vielleicht auf Constitutionsverschiedenheiten (Isomerie) zurückzuführen sind.

a) **Chrysotil** (Faserserpentin), das verbreitetste Vorkommen, ausgezeichnet durch faserige, meist allerdings erst unter dem Mikroskop erkennbare Structur. Im Besonderen unterscheidet man darunter die folgenden Abarten.

1. Edler Serpentin. Rein gefärbt, lichtgrün, apfelgrün, zeisig- bis schwefelgelb; ganz homogen erscheinend. Durchschein. Vielfach eingelagert in körnigem Kalk. Hierher gehören die Pseudomorphosen nach Olivin von Snarum, nach Augit und Hornblende von Easton, Pa., nach Monticellit vom Monzoni, ferner Williamsit von Chester Co., Pa., Bowenit von Smithfield in Rhode Island, Rhetinalith von Grenville, Canada.

2. Gemeiner Serpentin. Dicht, kryptokrystallin; unrein und in allen Farben gefärbt; häufig im selben Stück fleckig und verschieden farbig. Vielorts und in grossen Massen. Bei Zöblitz in Sachsen und Epinal in Frankreich wird der gemeine Serpentin zu allerlei Dingen verschliffen. Zum gemeinen Serpentin sind zu rechnen: Schweizerit vom Findelengletscher bei Zermatt und Feegletscher im Wallis, Vorhauserit vom Monzoni.

3. Serpentinasbest. Rein gefärbte, fein- und parallelfaserige Var. mit schillerndem Seidenglanz werden speciell als Chrysotil bezeichnet und eignen sich ausgezeichnet zu technischen Zwecken. Sie finden sich auf Klüften im Serpentin und ihre Fasern stehen senkrecht auf den Kluftflächen. Zöblitz in Sachsen, Reichenstein in Schlesien, Baltimore (sogen. Baltimorit). In grosser Menge in Canada. — Ein Theil des Bergleders (Bergholz, Xylotil, Bergkork, Pilolith), z. B. vom Zillerthal und Norwegen begreift wirr verfilzten, faserigen Serpentin. — Metaxit ist

divergent faserig, daher ohne Seidengl. Schwarzenberg in Sachsen, Reichenstein. Durch eingemengten Magnetit unterscheiden sich Hydrophyt von Taberg in Schweden und Jenkinsit von Monroe in New-York; durch Aufbau von feinfaserigen, dicht erscheinenden Schalen ist Pikrolith charakterisirt. Taberg, Reichenstein, Amelose bei Biedenkopf in Nassau.

b) **Antigorit** (Blätterserpentin). Blätterig-schuppig, zu schieferigen Aggregaten verbunden. Dunkelgrün, heller durchscheinend. Optisch zweiaxig. Dünne Splitter sind an den Kanten v. d. L. schmelzbar. Antigoriothal in Piemont, Sprechenstein bei Sterzing in Tirol. — Dahin gehört auch Marmolith von Hoboken, New-Jersey, ferner von Orijärfvi in Finland und Kraubat in Steiermark und der talkähnliche perlmutterglänzende Thermophyllit von Hoponsuo in Finland und La Molle im Dep. du Var.

Der Serpentin ist stets ein secundäres Mineral! Geht vorzugsweise aus der Umwandlung von Al_2O_3-freien, bezw. -armen Silicaten, wie Olivin, Enstatit, Augit, Hornblende, Chondrodit, resp. aus den diese Mineralien in reichlicher Menge führenden Gesteinen, Dunit, Lherzolith, Pikrit etc., hervor. Die Umwandlung lässt sich an Pseudomorphosen, die vielfach noch einen Kern des frischen Minerals enthalten, verfolgen; besonders schön die Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin von Snarum. Zwischenstufen des Serpentinisirungsprocesses (cfr. S. 261) sind mit mannichfachen Namen belegt: Leukotil von Reichenstein in Schlesien, Allophit von Langenbielau, Zöblitzit von Zöblitz in Sachsen und ähnlich auch von Hrubschitz in Mähren, Dermatin von Waldheim in Sachsen, Totaigit von Totaig in Schottland, Pilolith z. Th. (Bergleder z. Th.) aus Schottland, Pikrosmin von Pressnitz in Böhmen, Monradit aus dem Bergenstift in Norwegen, Duporthit von Duporth in Cornwall, Balvraidit von Balvraid in Schottland, Pelhamin (Pelhamit) von Pelham, Mass. — Aber auch Al_2O_3-haltige Silicate können unter Umständen Serpentin liefern, so bildet die Zwischenstufe eines Al_2O_3-haltigen Minerals (Granat) zum Serpentin der Pyknotrop von Waldheim und Todtmoos. — Hierher gehören auch die auf Mandelräumen basischer Ergussgesteine vorkommenden grünen Magnesiasilicate wie Chlorophäit, Chlorophänerit, Nigrescit. — Durch Verwitterung des Serpentins entstehen die meisten der sonstigen, im Nachfolgenden beschriebenen Glieder dieser Gruppe; ausserdem Magnesit, Chalcedon, Opal.

Meerschaum. Sepiolith. $H_4Mg_2Si_3O_{10}$.

Feinerdige derbe oder knollige Massen, auch eingesprengt. Br. flachmuschlig. H. = 2—2½, G. = 2, schwimmt aber seiner Porosität wegen auf Wasser. Stark an der Zunge klebend; matt, im Strich glänzend. Undurchsichtig. Weiss ins Gelbliche, Graue und Röthliche.

27,01 MgO, 60,83 SiO_2, 12,16 H_2O. — Schrumpft v. d. L. zusammen und schmilzt nur an den Kanten; giebt im Kolben Wasser und schwärzt sich gewöhnlich dabei; das letzte Wasser entweicht erst bei Rothgluth. Durch Salzsäure zersetzt.

Gelegentliches Verwitterungsproduct des Serpentins; ob auch directer Entstehung ist zweifelhaft. Hauptvorkommen, durch das so gut wie ganz der Bedarf gedeckt wird, ist das von Eskischehir in Kleinasien (Natolien), wo sich das Mineral in Form von Knollen, die z. Th. noch aus Serpentin bestehen, regellos eingestreut in einer milden tuffartigen Serpentin-

Breccie findet, ebenso bei Brussa, Kiltschik und auf Samos. Andere Fundorte sind die Krim, Negroponte, Bosnien, Theben. Bei Hrubschitz in Mähren bildet Meerschaum Nieren im Serpentin und umschliesst als Anhäufung der ausgeschiedenen Kieselsäure Kerne von Halbopal. Zu Vallecas bei Madrid in kleinen Lagern in tertiären Mergeln, hier zuweilen als Versteinerungsmittel von Helix.

Dem Meerschaum ähnlich, aber etwas schwerer und von der Formel $H_6Mg_4Si_4O_{15}$ ist der erdige, milchweisse Aphrodit von Långbanshyttan. Die sonstigen Meerschaume Schwedens (Taberg in Wermland, Sala) sind weicher erdiger Serpentin.

Spadait. $H_8Mg_5Si_6O_{21}$. Dicht, scheinbar amorph, aber kryptokrystallin. Br. unvollk. muschlig oder splittrig. H. = 2½. Perlmgl. bis Fettgl. Durchschein. Röthlichweiss ins Fleischrothe. Von Salzsäure zersetzt. Mit Wollastonit auf Hohlräumen im Leucitophyr von Capo di Bove.

Saponit (Seifenstein) mit nicht constanter Zusammensetzung und Al_2O_3-haltig. Dicht, derb. Fettgl. und fettig anzufühlen, nicht an der Zunge haftend. H. = 1½, G. = 2,27. Weiss, grau, gelblich, röthlich, braun, auch grünlich. Schwärzt sich v. d. L. und giebt Wasser ab; in dünnen Splittern schwer schmelzbar. Mehrorts im Serpentin von Cornwall. Hierher ist auch der an der Zunge klebende, sonst gleiche Piotin von Svärdsjö in Dalarne, ferner Thalit aus Mandelsteinen des Oberen Sees zu rechnen.

Kerolith, z. Th. etwas Al_2O_3-haltig, derb, mit muschligem Br., spröd, grünlich- und gelblichweiss, auch grau und röthlich. Frankenstein in Schlesien und Cathkinit, derb, röthlich bis röthlichbraun von Glasgow.

Neolith. Blätterige und faserige Aggregate, derb und als Ueberzug. Fühlt sich fettig an. H. = 1, G. = 2,8. Fettgl., Str. glänzend. Dunkel- bis schwärzlichgrün, bräunlich. Enthält neben einem wasserhaltigen Mg-Silicat noch 7—10 Al_2O_3. Neubildung (Sinterung) auf Gruben von Arendal und Freiberg.

Gymnit (Deweylith), in der Hauptsache $Mg_4Si_3O_{10}.6H_2O$. Scheinbar amorph, dem Gummi arabicum ähnlich, u. d. M. Aggregatpolarisation. In Körnern, Platten und Trümmern; mit stalaktitischen und traubigen Formen. Br. unvollk. muschlig; sehr spröd; von Rissen durchzogen. H. = 2—3, G. = 2,0—2,3. Fettgl., ziemlich durchs. Hell gefärbt, namentlich bräunlichgelb, auch gelblichweiss, röthlich, grünlich, selbst, wie im Eisengymnit vom Mittergraben in Steiermark, scharlachroth. V. d. L. decrepitirend, in Splittern schwer schmelzbar. Von Salzsäure schwer zersetzt. Im Serpentin der Bare Hills bei Baltimore und von Kraubat in Steiermark, in körnigen Kalken resp. Dolomiten im Fleimsthal in Tirol, Passau in Bayern und Texas, Pa. — Verwandt ist Melopsit, derb, durchschein.; gelblich-, graulich- oder grünlichweiss, wenig spröd. Br. muschlig. H. = 2—3. Trümmerartig in einem aus Hornblende, Strahlstein und Granat bestehendem Gestein bei Neudeck in Böhmen.

Genthit (Nickelgymnit), ein ca. 30 NiO enthaltender Gymnit. Dichte traubige oder stalaktitische, auch erdige Ueberzüge von grüner bis gelblicher Färbung. Spröd, mit muschligem Br. H. = 3—4, G. = 2,4. Durchschein. bis undurchs. Verwitterungsproduct von Ni-haltigem Serpentin. Auf Chromit von Texas, Pa. und Alt-Orsova; auf Serpentinasbest im Saasthal (Ober-Wallis).

Garnierit (Numeait), ein wasserhaltiges Nickel-Magnesia-Silicat mit 24—25 NiO und ca. 40 SiO_2, dessen stark schwankender Nickelgehalt wahrscheinlich auf mechanischer Beimengung mit Nickelsilicat beruht. In derben Massen und stalaktitisch von apfel- bis smaragdgrüner Farbe. Geht aus der Verwitterung von Olivingesteinen, dessen Olivin Ni-haltig ist, bezw. aus Serpentin hervor. In grösster Menge im

Olivinbasalt bei Numea auf Neu-Caledonien, lagerbildend bei Riddles in Douglas Co., Oregon. Wird wegen seines massenhaften Vorkommens an den genannten Orten ein sehr werthvolles Nickelerz.

Konarit (Komarit), wesentlich wasserhaltiges Ni-Silicat, $Ni_2Si_3O_8 . 2H_2O$. In kleinen Körnern und krystallinen perlmutterglänzenden Lamellen von grüner Farbe. Derbe eingesprengte Partien desselben Minerals mit muschligem bis erdigem Br. sind Röttisit genannt. Gangartig zu Röttis bei Reichenbach im Vogtland. Nicht wesentlich verschieden vom Röttisit dürfte der den Chrysopras von Frankenstein begleitende, etwas Al_2O_3-haltende Pimelith sein.

Talk einschliesslich **Steatit.** $H_2Mg_3Si_4O_{12}$.

Wahrscheinlich monoklin, bildet nur Aggregate von blätteriger, schaliger, seltener stengliger Structur und zuweilen mit hexagonalen oder rhombischen Umrissen der einzelnen Blättchen. Häufig derb in dichten oder sehr feinschuppigen, öfters nierenförmigen Massen, die als Steatit (Speckstein) und Topfstein (Lavezstein) bezeichnet werden. Auch ein Theil des sogen. Bildsteins (Agalmatolith) gehört zum dichten Talk.

Die blätterigen Aggregate sind ausgezeichnet #, perlmutterglänzend, gemein biegsam und zeigen in optischer und sonstiger Beziehung grosse Analogien mit den Glimmern. Die Schlagfigur auf den Blättchen ist drei- oder sechsstrahlig, parallel einer Schlaglinie verläuft die A-E, die negative M-L steht sehr nahe senkrecht auf den Blättchen. A-W = 17 bis 18°. Der dichte Talk hat unebenen bis splittrigen Br. Sehr mild, ettig anzufühlen und abfärbend. H. = 1, G. = 2,6—2,8. Durchs. bis undurchs. Licht apfelgrün bis nahezu farblos; weiss, grau, gelb, röthlich, braun.

31,72 MgO, 63,52 SiO_2, 4,76 H_2O. — V. d. L. fast unschmelzbar, blättert sich auf, leuchtet stark und erlangt dabei H. = 6. Von den gewöhnlichen Säuren nicht zersetzt.

Gesteinsbildend als Glied der krystallinen Schieferreihe, z. B. bei Göpfersgrün im Fichtelgebirge, Zöblitz in Sachsen, Lampersdorf bei Frankenstein in Schlesien, Zöptau in Mähren, Kraubat in Steiermark, Zillerthal in Tirol, am St. Gotthard, in Piemont, Briançon in Frankreich. Ural, China, Canada. Ein besonderes Vorkommen sind die „Skål" (pl. skölar) genannten steatitischen Partien auf schwedischen Erzlagerstätten, z. B. von Fahlun und Sala.

Stets secundär, aus der Umwandlung von Al_2O_3-freien oder -armen Mineralien hervorgegangen, wie Olivin, Enstatit, Strahlstein, Salit etc. So ist Rensselaerit eine Pseudomorphose von Talk nach Augit von Canton in New-York, Pyrallolith eine eben solche von Grenville in Canada. Auch Pseudomorphosen nach Quarz (Göpfersgrün), Dolomit, Calcit kommen vor. — Findet technische Anwendung.

Kaolin- oder Thongruppe.

Wasser- oder wasserstoffhaltige Alumosilicate, die in mancher Hinsicht eine Parallele zur Talkgruppe, d. h. den Magnesiasilicaten, bilden und den Gliedern der letzteren sehr ähnlich sehen können. Mikro- und kryptokrystallin, vielfach auch amorph. Stets secundären Ursprungs, aus der Verwitterung bezw. pneumatolytischen Zersetzung thonerdehaltiger Mineralien und Gesteine hervorgegangen, vielfach vermengt mit Sand, Eisenoxydhydrat etc.

Kaolinit. Kaolin. $H_4Al_2Si_2O_9$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0{,}5748 : 1 : 1{,}5997$. $\beta = 96^0\ 49'$ (Miers, an ✕✕ von Anglesea). — ✕✕ von sehr geringen Dimensionen mit hexagonalen oder rhombischen Umrissen sind selten, gewöhnlich lockere oder dichte feinschuppige und feinerdige Aggregate. Eingesprengt, in Adern, Gängen, Nieren und Lagern.

der Krystallschüppchen nach *(001)oP* vollk.; gemein biegsam, Br. flachmuschlig oder erdig. H. = 1 und darüber. G. = 2,2—2,6. Perlmgl. der ✕✕, sonst matt. Weiss, gelblich, röthlich, grünlich. Je nach dem Zusammenhalt mager oder fettig anzufühlen; die erdigen, thonigen Var. werden mit Wasser plastisch, die ganz reinen nicht.

39,56 Al_2O_3, 46,50 SiO_2, 13,94 H_2O. — Erst bei starker Glühhitze entweicht aus dem Kaolin Wasser. V. d. L. unschmelzbar; von Salzsäure unvollständig, von concentrirter Schwefelsäure völlig zersetzt.

Stets secundäres Mineral, hervorgegangen aus der atmosphärischen Verwitterung oder sehr häufig auch (ob ausschliesslich?) aus der pneumatolytischen Zersetzung der Kali-, wie auch der Kalk-Natronfeldspäthe und der entsprechenden Gesteine, namentlich der Granite, Quarzporphyre und Quarztrachyte, ferner des Skapolith, Topas, Beryll, Augit, überhaupt aller Al_2O_3-haltigen Silicate, wie die Pseudomorphosen beweisen. Meist verunreinigt mit anderen Substanzen, namentlich mit Eisenhydroxyd und Quarzsand, mit Kalk etc. Vielfach auf zweiter Lagerstätte; als Bindemittel von Sandstein (Kaolinsandsteine).

An Varietäten werden unterschieden:

1. Nakrit. Krystall-Täfelchen oder -Schuppen, fächerförmig oder unregelmässig aggregirt, auch (Pholerit) dicht und homogen erscheinend. Perlmgl., dichte Partien wachsglänzend, schneeweiss ins Grünliche, Blaue und Gelbliche. Im Steinkohlengebirge auf Sandstein oder Schiefer bei Fins, Dép. Allier, bei Zwickau, auf der Rubengrube bei Neurode. Auf Erzgängen und Klüften im Gneiss zu Freiberg in Sachsen. Ehrenfriedersdorf.

2. Steinmark. Dicht mit feinerdigem Korn. H. = 1—3. Br. flachmuschlig; fühlt sich fettig an. Weiss, gelb, fleischroth. Auf Klüften und Trümmern in Feldspathgesteinen etc., so unter den Namen Myelin und Carnat in Nestern im Quarzporphyr von Rochlitz, im Topasfels vom Schneckenstein, auf den Zinnerzlagerstätten von Ehrenfriedersdorf, Zinnwald, Schlaggenwalde, zu Orawicza (sogen.

Orawiczit). Hierher gehört auch der (bläulichweisse) Tuesit vom Tweedfluss in Schottland.

3. Kaolin im engern Sinn (Porcellanerde). Locker, zerreiblich, mit erdigem Br. Mager anzufühlen, theilweise mit Wasser plastisch werdend. Aus Quarzporphyr resp. Pechstein hervorgegangen zu Morl bei Halle, Meissen in Sachsen; zumeist aus Skapolithfels bei Passau, aus Granit vielorts: Aue bei Schneeberg in Sachsen, Strehlen in Schlesien, Carclaze in Cornwall etc., aus Gneiss zu St. Yrieux bei Limoges. — Die mit allen möglichen Substanzen, namentlich Sand, Kalk, Eisenoxyden etc. vermengten Kaoline nennt man, soweit sie plastische Eigenschaften haben, Lehm und Lehmmergel.

Meerschaluminit (Simlait) ist meerschaumähnlicher Kaolin von Simla in Ostindien. — Dillnit, das Muttergestein des Diaspor von Dilln bei Schemnitz, weiss, matt, undurchs., ist wahrscheinlich ein Gemenge von Kaolin mit Diaspor. — Unter Eilbertit hat man mehrere, in ihrer Beschaffenheit dem Nakrit nahestehende, grünlich- oder gelblichweiss bis lauchgrüne, talkähnliche Mineralien verstanden. Aus den Zinnstein führenden Graniten von Cornwall und des Erzgebirges. Aehnlich ist Talcosit aus Victoria. —

Dem Steinmark schliessen sich in ihren physikalischen Eigenschaften die bolähnlichen Mineralien an, ausgezeichnet durch amorphe Beschaffenheit, dicht bezw. mit sehr feinem Korn, muschligen oder feinerdigen Br., werden aber mit Wasser nicht plastisch, sondern zerfallen gewöhnlich in eckige Stücke.

Bol (Bolus). Fühlt sich fettig an; glänzender Str. Braun. Auf Klüften und Spalten basaltischer Gesteine. Scheibenberg bei Freiberg in Sachsen, Striegau. Habichtswald, Säsebühl bei Dransfeld. — Fettbol, weich. Auf Erzgängen, Halsbrücke bei Freiberg. — Sphragid (Lemnische Erde), ein Bol von gelblicher, grauer Farbe, oft gefleckt, mit erdigem Bruch. Insel Stalimene (das alte Lemnos). — Hypoxanthit aus Toscana liefert die als Terra di Siena bekannte bräunlichgelbe, nach dem Brennen nussbraune Malerfarbe; Sinopit aus Kleinasien liefert das Pompejanischroth. — Die lederbraune Umbra (cyprische oder türkische Umbra zum Unterschiede von der kölnischen Umbra, die aus Braunkohle besteht) und Gelberde (Melinit) sind Gemenge von überwiegend Eisenoxyd mit Bol. — Teratolith (Eisensteinmark, Sächsische Wundererde). Matt, mager anzufühlen. Lavendelbis pflaumenblau. Im Carbon von Planitz bei Zwickau. — Ochran, ein Bol von isabellgelber Farbe. Orawicza im Banat. — Stolpenit, ein Bol mit etwas $CaCO_3$. Stolpen in Sachsen. — Bergseife (Oropion). Weich. Braun oder braunschwarz. Auf Klüften, in Nestern und Lagern. Artern in Thüringen, Stirbitz bei Bilin, Olkucz. — Smelit. Graulichweiss, bläulich, mild, zähe. Telkibánya im Trachyt. — Smektit (Walkererde), sehr feinerdiges Gemenge mit SiO_2, $CaCO_3$ etc. Fein porös und daher zum Aufsaugen von Fett (Walken) geignet. Geht als eluviale Bildung aus der Verwitterung von thonerdehaltigen Gesteinen (Gabbro, Basalt) hervor, bildet auch selbständige Flötze in verschiedenen Formationen, namentlich im Jura und in der Kreide. Auch im Diluvium. — Cimolit. Grau, Br. erdig, Str. glänzend. Lagerartig auf der griechischen Insel Argentiera (= Kimolos der Alten). — Pelikanit. Grünlich, kantendurchschein. Im Granit der Gegend von Kiew. — Ehrenbergit. Hell rosenroth; wenn frisch fast gallertartig, trocken rissig und an der Zunge klebend. — Rhodalith. Rosenroth. Auf Höhlungen im Mandelstein von Ballintoy und Port Bradden in Antrim; ebendaher der gelblichrothe Erinit. — Plinthit. Ziegelroth, aus Trapp bei Down Hill und Glenarm in Antrim.

Nontronit. $H_4Fe_2Si_2O_9$. Monoklin. Ist somit ein Kaolinit, in dem die Thonerde durch Eisenoxyd ersetzt ist. Scheinbar amorph, findet sich fast nur in

derben, öfters zerbrochenen Stücken. Br. uneben. G. = 2. Sehr weich, mild, fettig anzufühlen. Schimmernd oder matt, Str. glänzend. Undurchs. Strohgelb, zeisiggrün. V. d. L. unschmelzbar, verändert aber die Farbe und wird magnetisch. Von Säuren zersetzt. Nontron in der Dordogne, St. Andreasberg, Tirschenreuth, Heppenheim. — Chloropal (Gramenit, Pinguit, Unghwarit) ist ein grüner Nontronit, der innig mit Opal gemengt ist und in den er schliesslich übergeht. H. = 1—5. Unghwar und Munkacz in Ungarn, Passau, Wolkenstein in Sachsen, Tannhof bei Zwickau, Suhl.

Dem Nontronit schliessen sich noch an die ungenügend bekannten Eisen- bezw. Chromsilicate:

Hisingerit. Amorph. Derb und in rauhflächigen Nieren. Br. muschlig, spröd. H. = 3½—4, G. = 2,6—3. Fettiger Glasgl., undurchs. Pechschwarz, mit leber- oder grünlichbraunem Str. Zus. schwankend, wesentlich ein wasserhaltiges Fe_2O_3-Silicat. — V. d. L. schwer schmelzbar; von Säuren leicht zersetzt. Riddarhyttan, Långban, Orijärfvi. Das Vorkommen von Bodenmais ist Thraulit, von Degerö Degeröit, aus der Gillingegrube in Westmanland Gillingit genannt worden.

Wolchonskoit. Amorph. In Nieren und Trümmern. Br. muschlig. H. = 2 bis 2½, G. = 2,2—2,3. Grasgrün bis schwärzlichgrün, Str. hellgrün. Fühlt sich fettig an, schimmernd oder matt, im Str. glänzend. Chem. Zus. schwankend, wesentlich ein wasserhaltiges Cr_2O_3-Silicat mit Beimengungen von Fe_2O_3, Al_2O_3, MgO etc. — V. d. L. unschmelzbar. In permischen Sanden am Berge Efimyatskaja, Gouv. Perm.

Pyrophyllit. $H_2Al_2Si_4O_{12}$.

Rhombisch, vielleicht monoklin. — Breitstenglige, radial- oder sternförmig gruppirte Aggregate, auch derb. # nach der Längsrichtung vollk. H. = 1, G. = 2,7. Mild, biegsam. Perlmgl., durchschein. Apfelgrün ins Grünlichweisse, auch weiss.

28,35 Al_2O_3, 66,65 SiO_2, 5,0 H_2O. — V. d. L. sich fächer- und wurmförmig aufblätternd, ohne zu schmelzen. In Schwefelsäure schwierig zersetzbar.

Auf Quarzgängen und Klüften im Granit. Ottré in belgisch Luxemburg, Beresowsk, Westanå in Schonen, Visp im Wallis, Villarica in Brasilien, Nord-Carolina, Georgia, Arkansas. Aehnlich Talk.

Agalmatolith, der echte, ebenso wie das entsprechende Mg-Mineral (S. 548) Pagodit, Bildstein genannt, ist ein derber dichter P. mit unebenem, mattem bis schimmerndem Br. China, Nagyag, Schemnitz, Ochsenkopf bei Bockau in Sachsen. — Verwandt ist Gümbelit, weisse seidenglänzende Fasern oder Schüppchen, die als zarte Haut versteinerte Graptolithen- und Carbonpflanzen überziehen. Fichtelgebirge, Tarentaise.

Bravaisit $(AlFe)_4Si_9O_{24}.8H_2O$, daneben noch K_2O, CaO und MgO. Derb, aus parallel gelagerten mikrokrystallinen Fasern, die wahrscheinlich rhombisch sind, aufgebaut. H. = 1—2, G. = 2,6. Fettig anzufühlen. Durchscheinend. Grau schwach grünlich. Noyant im Dép. Allier.

Anauxit. $Al_2Si_4O_{11}.3H_2O$. Derbe feinkrystalline Aggregate mit sehr vollk. # der Individuen. H. = 2—3, G. = 2,26—2,38. Grünlichweiss; kantendurchschein. Gangartig im verwitterten Basalt des Berges Hradischt bei Bilin.

Montmorillonit. $H_2Al_2Si_4O_{12}$ + aq. Amorph. Mild und zerreiblich, nicht plastisch werdend. Rosenroth. Von kochender Schwefelsäure zersetzt. Montmorillon im Dép. de la Vienne.

Razumovskyn. $Al_2Si_3O_9.3H_2O$. Amorph. Weiss und grün gefleckt; dem Pimelith ähnlich. Kosemütz in Schlesien. — Aehnlich zusammengesetzt ist der sehr weiche, durchscheinende, graulichweisse Malthazit aus Basaltklüften von Steindörfel bei Bautzen und der gras- bis zeisiggrüne, 2—10 Cr_2O_3-haltige Chromocker aus Porphyrklüften von Halle und Waldenburg.

Allophan. $Al_2SiO_5.5H_2O$. Amorph. Derb in nierigen, traubigen und stalaktitischen Formen und als Ueberzug, mit opalartigem Aussehen. Br. muschlig bis uneben; spröd. H. = 3, G. = 1,8—2. Glasgl., durchs. bis durchschein. Farblos, gelb, braun, roth, gewöhnlich aber durch CuO blau oder grün gefärbt. V. d. L. unschmelzbar, von Säuren zersetzt. Auf Gesteinsklüften und Höhlungen. Dehrn in Nassau, Gräfenthal bei Saalfeld, Zuckmantel in Schlesien, Grossarl in Salzburg, Petrow in Mähren, Neu-Moldowa im Banat. — Dem Allophan schliessen sich an: Kollyrit, amorph, derb, nierenförmig mit muschligem bis feinerdigem Br. H. = 1—2, G. = 2. Durchschein. bis undurchs. Weiss. Fühlt sich fettig an. Auf Klüften und Gängen, als Ueberzug. Weissenfels, Schemnitz und Hodritsch in Ungarn, Ezquerra in den Pyrenäen. — Samoit, tropfsteinartig in Höhlen auf Upolu (Samoa-Inseln). — Carolathin scheint ein durch Bitumen gefärbter honiggelber Allophan zu sein. In Steinkohle von Zabrze. — Miloschin. Erdig mit muschligem Br. H. = 1½—2. Indigoblau und grün. Mit Brauneisen bei Rudnjak in Serbien.

Halloysit. $H_4Al_2Si_2O_9$ + aq. Amorph. In Knollen und Nieren. Br. muschlig bis erdig. H. = 1½—2½, G. = 1,9—2,1. Wachsartig schimmernd, Str. glänzend. Weiss ins Blaue, Grüne und Graue. V. d. L. unschmelzbar von concentrirter Schwefelsäure zersetzt. Oefters mit Galmei in Kalksteinen. Angleur bei Lüttich (sogen. Galapectit), Altenberg bei Aachen, Tarnowitz und Miechowitz, Housscha bei Bayonne, La Vouth und Thieviers in Frankreich. — Lenzin von Kall in der Eifel ist nichts anderes als Halloysit. — Schrötterit von Freienstein in Steiermark und Cherokee Co., Alabama, ist in seiner reinen, grünen oder braunen, glasglänzenden Var. ein Halloysit, in der kreideartigen Abänderung ein Gemenge von Halloysit mit vorwaltendem Variscit und Diaspor.

Verwandt mit Halloysit sind noch: Glagerit $Al_4Si_3O_{12}.6H_2O$ in Knollen, theils erdig, theils dicht und opalähnlich. Auf Brauneisenerzgängen von Bergnersreuth bei Wunsiedel.

B. Titanate, Zirkoniate, Stannate,

vielfach in Verbindung mit Silicaten, Niobaten, Tantalaten, Uranaten.

Perowskit. $CaTiO_3$.

Pseudoregulär; der Form nach typisch regulär, aber nach Art des Leucit und Boracit aufgebaut aus optisch zweiaxigen (rhombischen?) Zwillingslamellen, die jedoch beim Erwärmen nicht verschwinden. Gewöhnlich in XX, ein- und aufgewachsen, meist *(100)∞O∞* in Combination mit *(111)O* und *(110)∞O*, daneben noch mit mehreren *(hk0)∞On*, *(h11)mOm* und *(hkl)mOn*. Auf den Würfelflächen verläuft wohl eine den Kanten parallele Streifung. Sonst auch derb und in nierigen Aggregaten.

$(100)\infty O\infty$ mehr oder minder deutlich. H. = 5—6, G. = 3,95 bis 4,1. Diamantgl., ins Metallische; gewöhnlich undurchs. und schwarz, seltener durchschein. und röthlichbraun, orange- oder honiggelb. Str. graulichweiss.

59,53 TiO_2 und 2—6 FeO als Ersatz für CaO. — V. d. L. unschmelzbar, Säuren mit Ausnahme von kochender Schwefelsäure unwirksam.

Eingewachsen in Chloritschiefer vom Rympfischwäng bei Zermatt, desgleichen in der Gegend von Achmatowsk, im Nephelinbasalt von Oberwiesenthal als körniges Aggregat. Aufgewachsen selten: Pfitsch in Tirol. Als mikroskopischer Gemengtheil nicht selten in Melilith-, Nephelin- und Leucitbasalten.

Knopit ist ein Perowskit mit 4—7 Cererde. ✕✕ eingewachsen, $(100)\infty O\infty$ oder (111)O in Combination mit gewölbten Würfelflächen. H. = 5—6, G. = 4,11—4,29. Br. uneben. Schwarz, metallglänzend. Aus metamorphen Kalksteinen von Alnö.

Geikielith. $MgTiO_3$. Hexagonal, rhomboedrisch; sehr vollk. # nach oR, weniger nach R, schwarz, metallglänzend, in dünnen Täfelchen purpurroth durchscheinend. Str. schwarz. H. = 6, G. = 3,976. In abgerundeten Körnern und Klumpen eingebettet im Laterit der Edelsteingruben von Rakwana auf Ceylon.

Pseudobrookit. $2Fe_2O_3, 3TiO_2$. Rhombisch. Meist kleine rechteckige, dem Brookit sehr ähnliche Täfelchen nach $(100)\infty P\bar{\infty}$. # $(010)\infty P\breve{\infty}$ deutlich. H. = 6, G. = 4,98. Halbmetallischer Gl., schwarz bis dunkelbraun, roth durchschein. Auf Klüften und eingewachsen in jungvulkanischen Gesteinen: Hypersthenandesit vom Aranyer Berg in Siebenbürgen, Nephelinit vom Katzenbuckel; im Mont-Dore, auf Fayal. Aus Vesuvlava von 1872. Grössere ✕✕ aus den Apatitgängen von Havredal in Bamle und Jumilla in Murcia.

Derbylith. $5FeO, TiO_2 . FeO, Sb_2O_5$. Kleine rhombische Prismen mit Querfläche und Basis; auch in schiefen Penetrationszwillingen. H. = ca. 6, G. = 4,53. Harzgl., pechschwarz, dunkelbraun durchschein. In Säuren unlöslich. In den zinnoberführenden Sanden von Tripuhy in Minas Geraes.

Dysanalyt kann als Perowskit mit Beimischung von $CaNb_2O_6$ gedeutet werden; etwas Kalk ist durch Cererde und Natron ersetzt. Regulär. $(100)\infty O\infty$ und (111)O. # $(100)\infty O\infty$. G. = 4,13. Eisenschwarz. Aus körnigem Kalk von Vogtsburg am Kaiserstuhl, aus körnigem Kalk von Magnet Cove in Arkansas.

Pyrochlor vom Dysanalyt chemisch wesentlich durch Vorherrschen von $CaNb_2O_6$ unterschieden; daneben F, Th, U und Zr. Regulär. ✕✕ eingewachsen, namentlich (111)O. Br. muschlig, spröd. H. = 5, G. = 4,2—4,36. Bräunlichschwarz. Im Eläolithsyenit von Laurvig, Lovö bei Brevig, Miask. — Pyrrhit in kleinen gelbrothen Oktaedern aus den Sanidinauswürflingen von San Miguel (Azoren) und des Laachersees steht wahrscheinlich dem Pyrochlor nahe. — Hatchettolith in regulären Oktaedern mit Würfel, gelbbraun, harzglänzend, aus den Glimmergruben von Mitchell Co. in Nord-Carolina scheint ein zersetzter uranhaltiger Pyrochlor zu sein.

Euxenit, wesentlich ein Titanat und Niobat von Y, Er und Ce, wozu besonders noch UO_2 und FeO und auch Helium tritt. Rhombisch. ✕✕ selten mit prismatischem Habitus. $(110)\infty P$ ca. = 140°. Gewöhnlich in derben Partien. Br. muschlig. H. = $6^1/_2$, G. = 4,6—5. Halbmetallischer, etwas fettiger Glasgl. Pechschwarz, Str. röthlichbraun; undurchs. Aus granitischen Gängen von Arendal, Jölster im Bergenstift, Hitterö.

Polykras, qualitative Zus. und in den Winkel ähnlich dem Euxenit. Rhombisch, in sechsseitigen, dünnen Tafeln. Br. muschlig. H. = 5—6, G. = 5—5,15. Schwarz. Str. graubraun. Hitterö. Alsheda. Goldseifen von Nord- und Süd-Carolina.

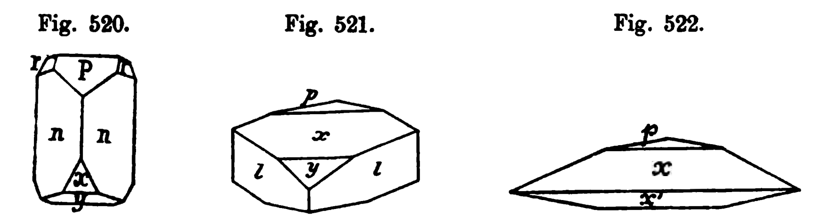
Aeschynit, entspricht chemisch im Wesentlichen auch dem Euxenit, enthält aber kein UO_2, dagegen Th und zuweilen auch Helium. Rhombisch; säulige oder tafelige, meist unvollkommen ausgebildete XX. H. = 5—6. Eisenschwarz bis braun. Str. gelblichbraun. Fetter halbmetallischer Glanz. Miask, Hitterö, Königshain in Schlesien.

Polymignit enthält ausser den Bestandtheilen des Aeschynit noch ZrO_2. Rhombisch. XX lang säulenförmig und längsgestreift. Br. muschlig. H. = 6—6½, G. = 4,75—4,85. Schwarz. Aus dem Syenit von Frederiksvärn.

Titanit. Sphen. $CaTiSiO_5$.

Monoklin, holoedrisch. $a : b : c = 0,4272 : 1 : 0,6575$. $\beta = 94^0\ 38'$ (MARIGNAC-DESCLOIZEAUX, Aufstellung nach ROSE). — XX, je nachdem sie ein- oder aufgewachsen sind, mit verschiedenem Habitus. Eingewachsene XX (sogen. Grothit) flach briefcouvertförmig nach $P = (001)oP$ und $n = (12\bar{3})\frac{2}{3}P\grave{2}$ $136^0\ 12'$ (Fig. 520), aufgewachsen häufig tafelig nach $x = (10\bar{2})\frac{1}{2}P\bar{\infty}$ $55^0\ 21'$ (Fig. 521) resp. $y = (10\bar{1})P\bar{\infty}$ $34^0\ 21'$ oder pris-

Fig. 520. Fig. 521. Fig. 522.



matisch nach $l = (110)\infty P$ $133^0\ 52'$. Andere häufige Flächen: $r = (011)P\grave{\infty}$ $113^0\ 30'$, $s = (14\bar{1})4P\grave{4}$ $67^0\ 57'$. Zw. nach $(001)oP$ häufig, entweder tafelige Juxtapositionszwillinge (Fig. 522) oder auch Penetrationszwillinge. Zuweilen derb in schaligen Aggregaten.

$(011)P\grave{\infty}$, zuweilen auch nach $(12\bar{3})\frac{2}{3}P\grave{2}$, deutlich, daneben öfters schalige Zus. nach $(14\bar{5})\frac{4}{5}P\grave{4}$. Br. muschlig, spröd. H. = 5—5½, G. = 3,4—3,6. Glasgl., ins Diamant- und Fettartige geneigt. Durchs. bis undurchs. Gelb, grün, braun, rothbraun bis roth. Optisch positiv. A-E parallel $(010)\infty P\grave{\infty}$. Grosser A-W. Erste pos. M-L nahe senkrecht auf $(10\bar{2})\frac{1}{2}P\bar{\infty}$. Bei dunkleren Farben pleochroitisch.

28,22 CaO, 41,51 TiO_2, 30,27 SiO_2; in den eingewachsenen XX etwas FeO, auch Yttererde. — V. d. L. an den Kanten zu dunklem Glase schmelzbar; von Salzsäure nicht, wohl aber von Schwefelsäure vollkommen zersetzt.

Aufgewachsen, gewöhnlich braun, gelb, grün gefärbt, auf Klüften von Silicatgesteinen neben Albit, Adular, Rhipidolith etc. St. Gotthard, Val Maggia in Piemont, Pfunders- und Pfitschthal in Tirol, Sulzbach-

thal in Salzburg, Krageroe, Achmatowsk. Eingewachsen gewöhnlich von rothbrauner Farbe mit Vorliebe neben Hornblende in Syeniten (Plauenscher Grund bei Dresden), in Dioriten, Phonolithen, Amphiboliten. In den Sanidin-Auswürflingen des Laacher Sees (sogen. Semelin). In körnigen Kalken von Grenville und Elmsley in Canada, Sandford in Maine; Bolton, Mass., Gouverneur in New-York. Auch auf den Magneteisenlagern bei Arendal und auf der Tilly Foster iron mine, New-York.

Leukoxen und Titanomorphit, die als schmutzig weisser Verwitterungssaum um Titaneisen (namentlich im Diabas) resp. Rutil vorkommen, sind feinkörnige oder feinfaserige Titanit-Aggregate. — Greenovit ist der rothe MnO-haltige T. von St. Marcel in Piemont, Grothit der rothbraune, Al-, Fe- und Y-haltige T. aus dem Syenit des Plauenschen Grundes genannt worden. Der Name wird aber jetzt für eingewachsenen Titanit überhaupt gebraucht. — Yttrotitanit (Keilhauit) enthält Al, Y und Fe in reichlicher Menge. Braunroth. Auf Buö bei Arendal. — Den chemischen Uebergang vom Yttrotitanit zum Titanit vermittelt Alshedit von Alsheda in Småland. — Der dunkelbraune bis gelblichbraune Eukolit-Titanit von Stokö und Frederiksvärn ist ein Ce- und Y-haltiger T. — Guarinit, chemisch wie Titanit, ist aber rhombisch und schliesst sich der Form nach dem Pseudobrookit an. Schwefelgelb. Somma. — Tschewkinit. Amorph mit flachmuschligem Br., sammetschwarz, Str. dunkelbraun, starker Glasgl., ist nicht homogen und chemisch ein Ce-, Di-, La-, Fe- und Be-haltiger, bereits umgewandelter Titanit. Im Granit von Miask und von der Küste Coromandel.

Zirkelit $Ca(ZrTi)_2O_5$ mit theilweiser Vertretung von Ca durch Fe; ausserdem ThO_2 und Ce_2O_3. Regulär, in kleinen platten Oktaedern bezw. Würfeln mit Zwillingsstreifung; auch Spinellzwillinge und Vierlinge. Br. muschlig. H. $= 5^1/_2$, G. $= 4{,}74$. Harzgl. Schwarz, in dünner Schicht dunkelbraun durchschein. Mit Perowskit und Baddeleyit aus Pyroxeniten von Jacupiranga, Prov. S. Paulo in Brasilien.

Neptunit. $(NaK)_2(FeMn)(SiTi)_5O_{12}$, das sauerste aller Silicate. Monoklin. Metallischer Glasgl., schwarz, in dünner Schicht bluthroth durchschein. Auf Aegirin von Igaliko in Grönland.

Johnstrupit ist ein fluorhaltiges Silicat und Titanat von Ca, Ce und Na, enthält ausserdem Zr, Th, La, Di etc. Monoklin. $\beta = 86^0\ 55^1/_2{}'$. ✕✕ lang linealisch nach der Verticalaxe gestreckt mit vorherrschendem (100)∞P$\bar{\infty}$ und domatischer Endigung; längsgestreift. Zw. häufig nach (100)∞P$\bar{\infty}$. ⧣ (100)∞P$\bar{\infty}$ ziemlich vollk. H. $= 4$, G. $= 3{,}19$—$3{,}29$. Glasgl. auf den Flächen, Fettgl. auf dem Br., kantendurchschein. bis undurchs. Bräunlichgrün, angewittert gelblich, Str. gelblichgrün, A-E parallel (010)∞P$\breve{\infty}$. Auf den Syenitpegmatitgängen des südlichen Norwegens sehr selten. Scheeren von Barkevik.

Mosandrit. Unterschied gegenüber Johnstrupit wesentlich chemisch, indem im Mosandrit mehr Ce, Zr, weniger Ca, Na und F enthalten ist. Die linealartigen monoklinen ✕✕ sind ohne Endausbildung. G. $= 3$. Tief röthlichbraun, angewittert gelblich bis grünlichgelb. Str. blassgelb. Nicht ganz so selten wie Johnstrupit. Låven, Stokö, Barkevik-Scheeren.

Rinkit, vom Johnstrupit nur dadurch unterschieden, dass die A-E senkrecht auf (010)∞P$\breve{\infty}$ steht. Kangerdluarsuk. — Nach Brögger sind die drei Mineralien Johnstrupit, Mosandrit, Rinkit mit einander homöomorph und stehen nach ihren krystallographischen, physikalischen und chemischen Eigenschaften der Epidotgruppe nahe.

Warwickit (Enceladit). Wesentlich ein Borotitanat von Mg und Fe. Monoklin. Gewöhnlich in kleinen, prismatischen ✕✕ mit gerundeten Endflächen; grössere

XX rauhflächig. # (100)∞P$\bar{\infty}$. Br. uneben, spröd. H. = 3—4, G. = 3,19—3,43. Glasgl. bis Perlmgl., ins Metallische. Haarbraun bis dunkelschwarz. Im körnigen Kalk von Edenville, New-York.

Katapleit. $H_4Na_2Si_3ZrO_{11}$. Dimorph; bei gewöhnlicher Temperatur monoklin (β = 90° 12′), von 140° ab hexagonal rhomboedrisch tetartoedrisch. Verhält sich krystallographisch ganz wie Tridymit. Die meist kleinen tafelförmigen, oft rosettenartig oder dachziegelförmig zusammengehäuften XX stellen scheinbar hexagonale Combinationen (0001)oR, (10$\bar{1}$0)∞R, (10$\bar{1}$1)R etc. dar, sind aber Drillinge monokliner Individuen. Diese mimetischen XX sind unter sich wiederum nach neuen Zwillingsflächen verbunden. # (110)∞P deutlich. Br. splittrig. H. = 6, G. = 2,8. Die verhältnissmässig grossen Tafeln des reinen Natron-Katapleit sind blau, verwittert schmutzig grau, kleinere XX grau bis weiss, zuweilen wasserhell; der häufigere Kalk-Katapleit, bei dem ein Theil Na_2O durch CaO vertreten, ist gelbroth, fleischroth, auch braun. V. d. L. leicht schmelzbar und von Säuren zersetzt. Auf den Pegmatitgängen des südlichen Norwegens. Låven, Stokö, Arö, Barkevik-Scheeren. Grönland. — Natron-Katapleit nur von Klein-Arö.

Eudialyt. $ClNa_{13}(CaFa)_6(SiZr)_{20}O_{52}$. Hexagonal rhomboedrisch. XX ziemlich gross, eingewachsen. (10$\bar{1}$1)R 73° 30′, (0001)oR, (11$\bar{2}$0)∞P2, (10$\bar{1}$4)¼R. Derb in körnigen Aggregaten. # (0001)oR deutlich. Br. uneben. H. = 5—5½, G. = 2,84 bis 2,95. Glasgl., kantendurchschein. bis undurchs. Bräunlichroth. D.-Br. positiv. Von Salzsäure zersetzt. Kangerdluarsuk, Magnet Cove, Ark. und Halbinsel Kola. — Nur durch einen etwas niedrigeren Gehalt an SiO_2 und grössere Betheiligung von MnO und C_2O_3 ist der krystallographisch und physikalisch nahezu idente Eukolit aus den Gängen des Langesundfjords unterschieden; die D.-Br. ist ausserdem negativ.

Nordenskiöldin. CaB_2SnO_6. Hexagonal rhomboedrisch. XX tafelig nach (0001)oR, dazu noch (11$\bar{2}$0)∞P2 und (10$\bar{1}$1)R. # (0001)oR vollk. H. = 5½—6, G. = 4,2. Glasgl., durchs. Hell schwefelgelb bis citrongelb. D.-Br. stark, negativ. Sieht Melinophan sehr ähnlich. V. d. L. unschmelzbar; von Salzsäure unvollständig zersetzt. Sehr selten. Gross-Arö.

X. Klasse. Organische Verbindungen.

1. Abtheilung. Salze organischer Säuren.

Mellit. Honigstein. $Al_2O_3, C_{12}O_9 . 18H_2O$.

Tetragonal, holoedrisch. $a : c = 1 : 0{,}7463$ (DAUBER). — XX gewöhnlich einzeln aufgewachsen, mit pyramidalem Habitus. $(111)P$ (M-K 93° 5′), $(001)oP$ (rauh, gekrümmt), $(100)\infty P\infty$. Körnige Aggregate; derb, eingesprengt.

Br. muschlig, spröd. H. = 2—2½, G. = 1,6. Durchschein. Fettiger Glasgl. Honig- und wachsgelb. — V. d. L. verkohlend und reine Al_2O_3 hinterlassend; in Salpetersäure und Kalilauge löslich.

In der Braunkohle von Artern in Thüringen und Luschitz in Böhmen; bei Walchow in Mähren trümmerartig in Kreidesandstein; in der Steinkohle von Malowka, Gouv. Tula.

Oxalit (Humboldtin). $2FeO, C_2O_3 . 3H_2O$. Krystallform? XX haarförmig, Aggregate faserig, körnig, erdig in traubigen Formen, in Knollen und Platten. Als Anflug. Br. uneben. Mild. H. = 2, G. = 2,1—2,25. Undurchs., schimmernd bis matt. Ocker- bis strohgelb mit gleichfarbigem Str. Wird v. d. L. auf Kohle erst schwarz, dann roth. Neben Gyps in der Braunkohle von Luschitz bei Kolosoruk in Böhmen. Gross-Almerode. Duisburg.

Whewellit. $CaO, C_2O_3 . H_2O$. Monoklin. $\beta = 107° 19'$. Grosse, herzförmige Zw. # basisch. Br. muschlig. H. = 2½. Perlmgl. Weiss. Auf einer Kluft im Liegenden eines Steinkohlenflötzes zu Burgk im Plauenschen Grund.

2. Abtheilung. Kohlenwasserstoffe.

Im Wesentlichen vertreten durch das aus einer Mischung verschieden flüchtiger Kohlenwasserstoffe bestehende Petroleum und dessen feste paraffinartige Rückstände bei der Verdampfung.

Petroleum. Erdöl. Steinöl. Naphta.

Gemisch verschiedener Kohlenwasserstoffe, die nach Zus., Siedepunkt und spec. Gew. unterschieden sind und vorzugsweise der Methanreihe C_nH_{2n+2} angehören; im kaukasischen Petroleum sind bemerkenswerther Weise auch Glieder der Naphta- oder Hydrobenzolreihe C_nH_{2n-6} enthalten. Dünn- und dickflüssig; gewöhnlich bräunlich und schwärz-

lich, seltener gelb. G. = 0,6—0,9, also auf Wasser schwimmend; zeigt Fluorescenz.

Nach der Consistenz unterscheidet man drei Abarten, das leicht bewegliche und flüchtige Naphta, das normale Steinöl und den dickflüssigen Erdtheer.

Vorkommen: in natürlichen und künstlichen Quellen, als Imprägnation (Bitumen) von Kalksteinen, Schiefern und Sanden, in Stein- und Braunkohle, auf Klüften und Erzgängen. Peine und Steinförde in Hannover, Tegernsee (Quirinusöl), Pechelbrunn im Elsass etc. In gewaltigen, wirthschaftlich bedeutenden Mengen in Pennsylvanien, im Kaukasus (Baku am Kaspisee), Galizien (Boryslaw), Rumänien, Birma, Borneo.

Ozokerit. Erdwachs. Neftgil. Paraffin.

Gemenge der bei der Verflüchtigung des Petroleums verbliebenen festen Kohlenwasserstoffe. Derb und wachsähnlich, zuweilen mit striemig-faseriger Structur; besteht u. d. M. aus einem Aggregat doppelbrechender feinster Nädelchen. Br. flachmuschlig bis hakig. Weich und knetbar. Schmilzt zwischen 58—62°. G. = 0,9. Grünlich- bis gelblichbraun, grün; in dünner Schicht braun oder rothbraun durchscheinend.

Vielfach mit Petroleum zusammen, als Imprägnation und Kluftausfüllung von Sedimentärgesteinen; gelegentlich in Begleitung von Steinkohle. In grösster Menge in Galizien (Boryslaw, Truskawiecz), Slanik in Rumänien, Baku. Wettin. New-Castle.

Elaterit, elastisches Erdpech, unterscheidet sich von Ozokerit wesentlich nur durch seine Elasticität. Auf Gängen zu Derbyshire, Montrélais bei Nantes.

Hatchettin. Derbe wachsartige, z. Th. aus kleinen (rhombischen?) Täfelchen aufgebaute Massen, die in der Hauptsache aus Ozokerit bestehen oder doch Gemenge mit Ozokerit sind. Wachs- bis grünlichgelb, auch gelblichweiss. Perlmgl. bis Fettgl. Durchschein. bis undurchs. Loch Fyne, Merthyr-Tydvil. Wettin. Seraing.

Pyropissit (Wachskohle). Derb und erdig, mild, sehr weich. Matt. G. = 0,9. Weisslichgelb bis schmutzig gelbbraun mit glänzendem Str. Schmilzt zu asphaltähnlicher Masse und verbrennt mit heller Flamme. In kleinen Lagern in der Braunkohle zu Gerstewitz bei Weissenfels, von Helbra bei Eisleben und Eger in Böhmen.

Könleinit (Scheererit z. Th.). C_5H_4. Kleine weisse diamantglänzende Nadeln oder Schüppchen, als Anflug auf bituminösem Holz. Redwitz in Bayern; Uznach bei St. Gallen.

Fichtelit. C_5H_8. Monoklin. β = ca. 127°. Weisse, perlmutterglänzende, schuppige Aggregate und Anflüge auf Holz im Torf von Redwitz im Fichtelgebirge; auch anderswo im Torf.

Hartit. $C_{12}H_{20}$. Monoklin? Weiss, grau, bräunlich, wallrathähnlich. Säulige oder tafelige ✕✕ selten. ⌗ nach einer Richtung. Br. muschlig. H. = 1—1½. Sehr leicht in Aether löslich. In Braunkohle zu Oberhart bei Gloggnitz in Oesterreich, zu Rosenthal bei Köflach und Oberdorf bei Voitsberg in Steiermark.

3. Abtheilung. **Harze.**

Die Harze sind Sauerstoffverbindungen der Kohlenwasserstoffe, und soweit sie in der Natur auftreten, wahrscheinlich allesammt Gemenge. Sämmtlich amorph.

Bernstein. Succinit. $C_{40}H_{64}O_4$, ein Gemenge einer unlöslichen Substanz mit zwei löslichen Harzen, ferner Bernsteinsäure und flüchtigem Oel.

Amorph. — In Knollen, Geröllen, Körnern, tropfsteinartigen Formen, Platten; eingesprengt. Br. muschlig, spröd. H. = 2—2½, G. = 1,0—1,1. Durchs. bis durchschein. Fettgl. Wachs- bis honiggelb (bernsteinfarben), ins Hyacinthrothe und Braune, gelblichweiss, geflammt. Schmilzt bei 287°, während der ähnliche Copal schon bei 200—220° schmilzt, brennt mit Flamme und eigenthümlichem Geruch. Löslich in warmem Spiritus.

Vorkommen anstehend in der unteroligocänen Bernsteinerde (blauen Erde) des Samlandes; von da transportirt auf zweiter, dritter etc. Lagerstätte in jüngeren tertiären Schichten und namentlich im norddeutschen Diluvium wie am Boden der Ost- und Nordsee. Zwischen Simeto und Catania auf Sicilien kommt ebenfalls anstehender, z. Th. bläulich fluorescirender Bernstein im Tertiär vor. — Bernsteinähnliche Harze finden sich vielfach in der Braunkohle und in tertiären wie cretaceischen Sandsteinen.

Mehr oder minder bernsteinähnlich, durch lichte gelbe oder braune bis rothe Farben ausgezeichnet sind die nachstehenden, meist in der Braunkohle oder im Lignit gefundenen Harze, seltener in Sandsteinen oder Schiefern.

Retinit von Halle, Laubach im Vogelsgebirge, Bovey-Tracey in Devonshire. — Walchowit aus Kreidesandstein von Walchow und Obora in Mähren, desgleichen Schraufit von Wamma in der Bukowina. — Krantzit von Lattorf und Nienburg bei Bernburg. — Copalin aus tertiärem Thon am Highgate Hill bei London, Euosmit von Thumsenreuth in Bayern, Ixolyt von Oberhart bei Gloggnitz. — Jaulingit von Jauling bei St. Veit in Niederösterreich, Rosthornit von Guttaring in Kärnten. — Trinkerit von Carpano in Istrien, auch aus Gosau-Mergeln bei Gams in Steiermark. — Siegburgit von Siegburg bei Bonn. — Köflachit von Laukowitz bei Köflach in Steiermark. — Neudorfit von Neudorf in Mähren. — Hofmannit von Siena. — Bombiccit von Castelnuovo im Arnothal. — Tasmanit aus Tasmanien.

Asphalt. Erdpech. Bergpech.

Amorph. — Derb, eingesprengt in Gangtrümmern, Platten; traubig, kuglig, nierenförmig. Br. muschlig, mild. H. = 1—2, G. = 1,1—1,2. Undurchs., Fettgl. Pechschwarz. Schmilzt bei ca. 100°, löst sich theilweise in Aether, der Rückstand (sogen. Asphalten) in Terpentin.

Der Entstehung nach oxydirtes Petroleum; 1. daher lagerartig, wohin auch die Vorkommnisse vom Todten Meer und der Insel Trinidad

zu rechnen sind, oder 2. auf Klüften und Gängen, nicht selten neben Erzen wie z. B. Iberg bei Clausthal, Mörsfeld in der Pfalz, Kamsdorf, Cornwall etc.; ferner bei Bentheim im nordwestlichen Hannover oder 3. als Imprägnation namentlich versteinerungsreicher Kalk- und Sandsteine, z. B. jurassische Asphaltkalke von Limmer bei Hannover und Vorwohle. Val de Travers in der Schweiz, Italien. Interessant die Ausfüllung von Muschel-, Schneckenschalen etc. mit Asphalt, das Vorkommen desselben auf Poren schwedischer Granite und innerhalb schwedischer Magnetitlager, z. B. Dannemora, Norberg, Garpenberg, Bisperg etc.

Zum Asphalt gehören Albertit (Melanasphalt), gangförmig bei Hilsborough in Albert Co., Neu-Braunschweig und Grahamit gangförmig in West-Virginien, ferner Walait, als Ueberzug von Kalkspathkrystallen in der Rossitz-Oslawaner Steinkohlenformation, desgleichen Uintait (Gilsonit) gangförmig aus Utah.

Bogheadkohle. Bituminit. Torbanit. Flötzartig zwischen Steinkohlen und gleich diesen geschichtet. Amorph. Br. eben oder muschlig; die Bruchstücke scharfkantig, zäh und schneidbar. G. = 1,28. Schimmernd bis matt. Schwärzlich- bis leberbraun, Str. gelblichgrau. In Aether nicht, theilweise in Terpentinöl löslich. Der Entstehung nach Asphalt des Steinkohlenpetroleums. In der Steinkohle von Torbanehill bei Bathgate in Schottland, Pilsen in Böhmen, Turakina bei Tula etc.

Dopplerit. Stark glänzende, eckige Stücke aus Torf, von pechschwarzer Farbe und muschligem Bruch, ist der Asphalt des „Torfpetroleums". Mehrorts aus bayerischen und alpinen Torfablagerungen.

Anthrakoxen. Br. kleinmuschlig, bräunlichschwarz, bildet dünne Lagen zwischen Schieferkohle zu Brandeisl bei Schlan in Böhmen.

Piauzit. Schwarz, Fettgl. Gangtrümmer in Braunkohle von Piauze in Krain; auf Nestern in Braunkohle bei Tüffer in Steiermark.

Pyroretin. Knollen- und plattenförmiges Harz, das bei Verkohlung durch Basalt aus Braunkohle hervorgegangen ist. Sehr spröd. Aussig.

Idrialit. $C_{80}H_{56}O_2$. Derb, in Knollen, als Anflug, gewöhnlich beigemengt dem Zinnober und dessen Gesteinsbegleitern. Structur blätterig. Mild. H. = 1—1½, G. = 1,4—1,6. Matt oder fettglänzend. Schmutzig, grün, grau, braunschwarz. Löst sich in concentrirter heisser Schwefelsäure mit indigoblauer Farbe. Idria. — Unter ähnlichen Verhältnissen findet sich auf californischen Zinnoberlagerstätten Aragotit, der aber zu den Kohlenwasserstoffen gehören soll.

4. Abtheilung. Kohlen.

Die Kohlen entsprechen nach ihrer organischen Herkunft und Structur, wie auch nach ihrer physikalischen und chemischen Beschaffenheit nicht der Begriffsbestimmung eines Minerales; sie sind Gesteine und ihre Beschreibung gehört daher im Grunde nicht in die Mineralogie. Dennoch ist es üblich, die Hauptarten auch kurz bei den Mineralien zu erwähnen. — Eine constante chem. Zus. kommt den Kohlen nicht zu. Neben dem vorherrschenden Kohlenstoff, der jedoch nicht als Element, sondern chemisch gebunden ist und dessen Menge im Allgemeinen vom geologischen Alter und sonst von geologischen Einwirkungen abhängt, finden sich Sauerstoff und Wasserstoff, untergeordnet Stickstoff und organische Bestandtheile.

Wie sie nach ihrem geologischen Alter eine fortlaufende Reihe bilden, so thun sie das auch mit Rücksicht auf ihre chemische Beschaffenheit zwischen den beiden Endgliedern, der an Kohlenstoff ärmsten Holzfaser und dem an Kohlenstoff reichsten Anthracit. Man unterscheidet demzufolge gewöhnlich vier Glieder; ein fünftes Glied, Schungit, bildet das Endglied der Reihe und ist S. 277 besprochen.

Anthracit. Kohlenblende.

Ist die an Kohlenstoff reichste und meist auch geologisch älteste Kohle. Der Kohlenstoff übersteigt 90%, entsprechend sind Sauerstoff und Wasserstoff nur in geringen Mengen vorhanden. — Amorph und homogen erscheinend mit muschligem Br. und spröde. Zuweilen stenglig abgesondert, selten erdig-schuppig. H. = 2—2½, G. = 1,4—1,7. Schwarz ins Eisengraue, auch bunt angelaufen; Str. schwarz, undurchs. Glasgl., oft ins Metallische geneigt. — Kalilauge wird nicht gefärbt; verbrennt schwer und nur bei lebhaftem Luftzug.

Die pflanzliche Herkunft lässt sich u. d. M. zuweilen noch nachweisen. Tritt lager- und linsenförmig im Silur, Devon und Carbon auf, vielfach in Verbindung mit Steinkohle, als deren druckmetamorphe Abänderung Anthracit öfters erscheint. Daher gern in stark gefalteten Gebirgen: Alpen, Alleghanies etc. Aber auch vereinzelt aus eruptivem Contact hervorgegangen.

Steinkohle. Schwarzkohle.

Enthält 74—94 C, 3—20 O und 1—5 H; organische Structur deutlich erhalten, wenn auch vielfach erst nach besonderer Präparirung u. d. M. hervortretend. Dicht mit Schichtungsandeutung, schieferig, faserig, Br. muschlig, spröde. H. = 2—2½, G. = 1,15—1,5. Schwarz ins Braune und Graue; Str. schwarz. Glas-, Pech- oder Fettgl. — Enthält oft grosse Mengen von Aschenbestandtheilen, 1—30% und darüber. Kalilauge wird nicht oder nur schwach gefärbt.

Auf Grund physikalischer Unterschiede und technischer Verwendbarkeit werden viele Abarten unterschieden: Glanzkohle, Pechkohle, Kännelkohle, Glaskohle, Flammkohle, Backkohle, Sinterkohle, Sandkohle, Fett- und Magerkohle u. a.

In meilenweit ausgedehnten Flötzen, ferner in Lagern und Schmitzen. — Steinkohle ist nach ihrem geologischen Alter charakteristisch für die Formationen vom Devon bis incl. Kreide, namentlich ist sie aber im Carbon verbreitet, dem die meisten bekannten Kohlenfelder angehören. Im Rothliegenden gewisse Kohlen von Saarbrücken und Böhmen, in der Trias (Rhät) solche von Schonen und die Keuperkohle Mittel- und Süddeutschlands, im Jura Südungarns (Fünfkirchen), in der Kreide (Wealden) des Deisters etc.

Braunkohle.

Enthält 55—75 C, 26—19 O, 6—3 H und lässt die pflanzliche Structur auch äusserlich meist noch deutlich erkennen, namentlich in der holzigen Braunkohle oder Lignit und in der Nadel- und Blätterkohle. Doch auch äusserlich homogen erscheinend wie im Gagat oder Jet; ferner erdig (Kölnisch Umbra) und durch Druck blätterig und schieferig (Papierkohle). Weich und mild. G. = 1,12—1,4. Braun, zuweilen auch schwarz, Meist mehr Aschenbestandtheile als die Steinkohle. Färbt Kalilauge dunkelbraun.

Ist die charakteristische Kohle des Tertiärs (Braunkohlenformation), in welcher sie flötzartig über die ganze Erde auftritt.

Torf.

Bildet das jüngste Glied in der Reihe der Kohlen, unterscheidet sich von der Pflanzenfaser wesentlich nur durch geringeren Wassergehalt; enthält 53—58 C, 35—28 O, 6—5 H. Besteht noch ganz aus deutlich erkennbaren und mit einander verfilzten Pflanzenresten. Braun, auch hellgelb und braun. Locker, durch Druck compacter, selbst homogen (Pechtorf) und schieferig werdend. Nach der pflanzlichen Herkunft und der Art des Auftretens werden mehrere Arten unterschieden, von denen Hochmoortorf und Grünlandstorf wirthschaftliche Bedeutung haben.

Alluviale Bildung vorzugsweise der gemässigten Zonen; vereinzelt auch im Diluvium.

Anhang I.

Die nutzbaren Mineralien.

Die nachstehende Uebersicht über die nutzbaren Mineralien erhebt keinen Anspruch auf Erschöpfung des Gegenstandes. Nur die wichtigsten der in Betracht kommenden Mineralien haben Berücksichtigung erfahren und das auch nur mit kurzen Bemerkungen über ihr geographisches Vorkommen, ihre Lagerstätten, Begleiter und Verwendung. In vielen Fällen konnte auch ein Hinweis auf den Text im beschreibenden Theil genügen.

Besprochen, resp. erwähnt wurden: Erze, Edelsteine, Schwefel, Graphit, Asbest, Apatit, Phosphorit, Kalk, Gyps, Anhydrit, Glaukonit, Flussspath, Strontianit, Cölestin, Witherit, Magnesit, Baryt, Quarz, Kieselguhr, Feldspath, Kaolin, Steinsalz und Kalisalze sammt den Begleitmineralien, ferner Bittersalz, Soda, Glaubersalz, Natronsalpeter, Alunit, Kryolith, Bauxit, Tinkal, Sassolin. Farbstoffe, wie Bolus, Umbra, Grünerde etc., Materialien zur Bildhauerei, zu Ornamenten etc., wie Marmor, Alabaster, Serpentin, Agalmatolith, Malachit, Rhodonit, Chrysopras, Nephrit, Jadeit, Meerschaum.

Erze. Das Wort Erz hat eine zweifache Bedeutung. Der Berg- und Hüttenmann versteht unter Erz alle Mineralien und Mineralgemenge, aus denen im Grossen und in wirthschaftlich vortheilhafter Weise Metall gewonnen werden kann; in diesem Sinn ist auch das Wort in der Folge gebraucht, wenn auch der Vollständigkeit halber eine Reihe seltener Mineralien aufgezählt wurden, die für sich zur Metallgewinnung niemals in Betracht kommen. Danach sind mit Gold imprägnirte Quarze Golderze, Spatheisen ist ein Eisenerz, Kryolith ein Aluminiumerz, während Pyrit, der nach dem gegenwärtigen Stand der Technik nur ganz ausnahmsweise zur Eisengewinnung dient, kein eigentliches Eisenerz ist. Der Mineralog legt dem Wort eine andere Bedeutung unter, doch ist dieselbe wie im gewöhnlichen Leben nicht ganz feststehend. Erze sind danach Mineralien, die ein Metall vererzt, d. h. in chemischer Verbindung enthalten und dabei gewöhnlich noch metallischen Habitus oder hohes Eigengewicht haben. Meist sind es Sulfide und Oxyde. Pyrit ist alsdann ein Erz, Kryolith keins.

Die Begleiter der Erze auf ihren Lagerstätten heissen Gang- oder Lagerarten.

Gold wird nahezu ausschliesslich aus solchen Erzen gewonnen, die ged. Gold in mechanischem Gemenge mit einer Gang- oder Lagerart, in den meisten Fällen Quarz, enthalten. Ueber das Vorkommen des ged. Goldes und seiner Begleiter cfr. S. 281. Besondere, aber sehr seltene Golderze sind die Goldtelluride Sylvanit, Nagyagit, Petzit; ausserdem Maldonit. Als Nebenproduct wird Gold noch aus güldischem Silber, goldhaltigen Arsen-, Schwefel- und Kupferkiesen gewonnen.

Silber. Das meiste Silber wird trotz geringen Gehalts daran aus Bleiglanz gewonnen. Eigentliche Silbermineralien sind ged. Silber, Pyrargyrit, Proustit, Silber-

glanz, Melanglanz, Polybasit, Miargyrit, Antimonsilber, Arsensilber, Silberfahlerz. Chlor-, Jod- und Bromsilber. Daneben finden sich noch als seltene Mineralien: Selensilber, Tellursilber, Stromeyerit, Huntilith, Crookesit, Wismuthsilber, Eukairit, Silberwismuthglanz, Alaskait, Plenargyrit, Schirmerit, Schapbachit, Brongniartit, Diaphorit, Freieslebenit, Stylotyp, Tapalpit, Pyrostilpnit, Polyargyrit, Silberkies, Argyrodit. Die Silbermineralien sind allermeist vergesellschaftet mit einander und zwar auf Gängen. Bezüglich ihres Vorkommens cfr. Silber S. 283 und Pyrargyrit S. 331. Die gewöhnlichsten Begleiter sind Kalkspath, Quarz, Flussspath, Arsenkies, Bleiglanz, Zinkblende, Kupferkies.

Quecksilber. Gediegen selten, zumeist aus Zinnober gewonnen. Vork. cfr. S. 302. Quecksilber findet sich sonst noch im Quecksilberfahlerz, Metacinnabarit, Onofrit, Tiemannit, Coloradoit, Livingstonit.

Kupfer. Die wichtigsten Kupfererze sind: Ged. Kupfer, Kupferkies, Buntkupfererz, Kupferglanz, Fahlerz, Bournonit, Enargit, Rothkupfererz, Malachit, Lasur, Atakamit. Selten sind und nur lokale Bedeutung erlangen Kupferindig, Kupferpecherz, Kupferschwärze, Kupfervitriol, Kieselkupfer und Kupferblau; ferner Selenkupfer, Umangit, Tenorit, Brochantit, Libethenit, Ehlit, Tagilit, Olivenit, Euchroit, Volborthit, Lirokonit, Dioptas. Vork. sehr mannichfaltig, auf Gängen, Lagern etc. (cfr. Kupferkies S. 323), die oxydischen Mineralien am Ausgehenden.

Blei. In erster Linie Bleiglanz, untergeordnet die Bleispiessglanze, Zinckenit, Jamesonit, Boulangerit, Plagionit, Dufrenoysit, Bournonit, sowie die oxydischen Salze Weissbleierz, Bleivitriol, Pyromorphit, Mimetesit. Seltene Bleimineralien sind: Selenblei, Bleihornerz, Leadhillit, Linarit, Rothbleierz, Melanochroit, Vauquelinit, Gelbbleierz, Scheelbleierz, Vanadinit, Eusynchit, Descloizit, Kentrolith, Melanotekit, Hyalotekit, Barysilit, Ganomalith. Vorkommen cfr. Bleiglanz S. 293.

Zink. Hauptsächlich Galmei (d. i. Zinkspath incl. Zinkblüthe und Kieselzinkerz), Zinkblende; lokal werden von Bedeutung Rothzinkerz und Franklinit. Seltene Zinkmineralien: Willemit, Troostit, Roepperit, Hopeit.

Cadmium wird besonders aus schlesischem Galmei und aus Zinkblende gewonnen; das eigentliche Cd-Mineral Greenockit ist selten. Verwendung zu Legirungen (Wood's Metall), als Farbe (gelbes CdS) und als blaues Feuer in der Feuerwerkerei.

Zinn. Als Zinnerz kommt allein Zinnstein in Betracht, neuerdings untergeordnet auch Franckeit und Kylindrit. Seltene Sn-Mineralien sind Zinnkies und Nordenskiöldin.

Eisen. Die eigentlichen Eisenerze sind nur Spatheisen, Roth-, Braun- und Magneteisen mit ihren Varietäten; gelegentlich findet gerösteter Schwefelkies, das Nebenproduct anderer Processe, Verwendung. Sonstige Eisenmineralien sind: Gediegen Eisen, Markasit, Magnetkies, Arsenkies, Arseneisen, Berthierit, Titaneisen, Chromeisen, Nadeleisen, Eisenvitriol, Pissophan, Vivianit, Symplesit, Grüneisenstein, Triplit, Triphylin, Kakoxen, Skorodit, Delvauxit, Eisensinter, Pharmakosiderit, Fayalith, Chamosit, Thuringit, Stilpnomelan, Cronstedtit, Hisingerit, Nontronit u. a.

Mangan. Die Manganerze werden in der Technik unter dem Namen Braunstein zusammengefasst, dahin gehören Pyrolusit, Polianit, Manganit, Hausmannit, Braunit, Psilomelan, Wad, Varvicit. Andere Mn-Mineralien sind noch Mangankies, Manganblende, der wichtige Manganspath, Tephroit, Långbanit, Mangankiesel u. a. Verwendung: Ferromangan, Kupfermanganlegirungen, Chlorbereitung.

Nickel. Das meiste Nickel wird zur Zeit aus dem Garnierit (Neu-Caledonien) und aus Ni-haltigen Magnetkiesen (Canada) gewonnen. Andere Ni-Minerale sind: Rothnickelkies, Chloanthit, Millerit, Breithauptit, Gersdorffit, Ullmannit, Weissnickel-

kies, Eisennickelkies, Polydymit, Beyrichit, Horbachit, Nickelvitriol, Nickelblüthe, Nickelgymnit.

Kobalt. Am wichtigsten sind neben Co-haltigem Magnetkies Speiskobalt und Glanzkobalt, weniger häufig Glaukodot, Linneit, Kobaltmanganerz, Heubachit, Kobaltspath, Kobaltvitriol, Kobaltblüthe. — Kobaltfarben.

Arsen. Als Erze kommen in Betracht; gediegen Arsen, Arsenikkies, Arseneisen und sonstige an Fe, Ni oder Co, auch Ag gebundene As-Mineralien; Realgar und Auripigment haben nur lokale Bedeutung. Fast immer mit Silbererzen verknüpft. Verwendung zur Darstellung von arseniger Säure und anderen Arsenpräparaten, die als Beize in der Kattundruckerei, zu Farben, zur Reinigung des Glases etc. benutzt werden.

Antimon, Antimonglanz, Senarmontit, ged. Antimon, nebenher Bleispiessglanze, Allemontit, Rothspiessglanz, Valentinit, Antimonocker. Legirungen, namentlich Schriftmetall und Britanniametall. Brechweinstein.

Wismuth. Hauptsächlich Wismuthglanz, untergeordnet ged. Wismuth, Wismuthkupfererz, Wismuthkobalt- und Wismuthnickelkies, Nadelerz, Wismuthocker, Kieselwismuth, sehr selten Wismuthsilber und Wismuthgold. Verknüpft mit gangförmig auftretenden Ag-, Ni- und Co-Erzen. Verwendung zu Porcellanlüsterfarben, Schminke, leichtflüssigen Legirungen etc.

Aluminium. Zur Gewinnung des Aluminiums dient vorzugsweise Bauxit (S. 368), untergeordnet auch Kryolith. Als Nebenproducte werden dabei Alaun und aus dem Kryolith in grösster Menge noch Soda gewonnen.

Edelsteine. Die Werthschätzung der Edelsteine gründet sich auf physikalische Eigenschaften (Härte, Durchsichtigkeit, Farbe, Glanz, Brechungsvermögen), auf Seltenheit des Vorkommens und häufig auch auf Modeanschauungen. Neben den eigentlichen Edelsteinen (Juwelen) werden noch die minder werthvollen Halbedelsteine oder gewöhnlichen Schmucksteine unterschieden. Oefters decken sich die Namen der Juweliere nicht mit der in der Mineralogie gebrauchten Nomenclatur. Für die Erkennung geschliffener Steine werden besonders das spec. Gewicht und optische Eigenschaften, wie Doppelbrechung und Pleochroismus wichtig.

Diamant, der geschätzteste der Edelsteine, ist nach seinem geologischen und geographischen Vorkommen ausführlich behandelt auf S. 273.

Korund, Rubin, Sapphir. Die eingewachsenen XX, mit Ausnahme der jüngsten Funde im nordwestlichen Himalaya, haben keinen Werth als Edelsteine, die geschätzten Steine finden sich auf Seifen; die meisten stammen aus der Gegend von Ava in Birma oder von Syriam in Pegu, ferner aus den Sanden von Ceylon. Ueber Taschkent kommen centralasiatische Rubine in den Handel, die ihre Heimath vielleicht im Tian-Schan haben. Untergeordnet finden sich Sapphire am Ural, an vielen Punkten Nord-Amerikas, in Neu-Südwales, auch wohl in Central-Frankreich und Böhmen.

Spinell, von Haus aus Contactmineral aus körnigen Kalken, edle Steine nur auf secundärer Lagerstätte. Gewöhnlicher Begleiter des Rubin in Siam, Birma, Pegu, Ceylon, auch Turkestan und Neu-Südwales.

Beryll. Smaragd, Aquamarin. Theils eingewachsen, theils lose auf Seifen. Smaragd: eingewachsen in Glimmerschiefer, wie die XX vom rechten Ufer der Takowaja, 85 Werst östlich von Jekaterinburg und wenig werthvoll das Vorkommen vom Habachthal in Salzburg. Die schönsten Smaragde stammen aus Kalkspathgängen von Muzo bei Santa Fé de Bogotá in Neu-Granada. Im Alterthum aus

Aegypten am Rothen Meer und früher auch aus Peru. Aquamarin: auf Gängen in Graniten: Ural, Nertschinsk, Elba, Maine und Nord-Carolina; lose in Sanden bei Ava in Birma und in Brasilien.

Chrysoberyll. Hellgelbgrüner Chrysoberyll (Chrysolith der Juweliere), lose in Sanden in Brasilien, auf Ceylon und in Hinterindien. Dunkelgrün (Alexandrit) aus den Smaragdgruben an der Takowaja.

Euklas, auf secundärer Lagerstätte in Brasilien und am Ural.

Phenakit aus den Smaragdgruben an der Takowaja.

Topas, vielorts verbreitet. Im Topasfels des Schneckensteins, aus Graniten des Urals und des Ilmengebirges. Bei Villarica z. Th. auf Gängen, in Thonschiefer, z. Th. lose. Auf Seifen in Minas Geraës (wasserklar oder blass grünlich), auf Ceylon (wasserklar und safrangelb), in Neu-Südwales (blaugrün), in Colorado (farblos und zimmetbraun).

Zirkon. Hyacinth. Nur die rothen gelten als Edelsteine. Lose, namentlich auf Ceylon und in Indien, ebenso in Neu-Südwales.

Granat. Hessonit, nur auf Ceylon.

Almandin, eingewachsen im Glimmerschiefer des oberen Zillerthals, lose auf Ceylon, Syriam in Pegu (sogen. syrische Granaten), Brasilien, Nordamerika, bei Kolin in Böhmen; als „Cap-Rubine“ in den diamantenführenden Sanden am Vaalfluss. Pyrop, lose bei Meronitz in Böhmen (böhmische Granaten). Der grüne Demantoid findet sich eingewachsen in Serpentin und Asbest bei Poldnewnaja im District Sysserk im Ural.

Olivin. Chrysolith z. Th. Nur in Flusssanden. Ceylon, Pegu, Oberlauf des Nils, Brasilien.

Turmalin. Rubellit von Schaitansk. Indigolith (brasilianischer Sapphir) aus dem Ural und Brasilien.

Grüne Turmaline (brasilianische Smaragde) aus der Provinz Minas Geraës und als „ceylonische Chrysolithe“ von Brasilien.

Opal. Der Edelopal bildet Trümmer in vulkanischen Breccien bei Czerwenitza im Eperiesgebirge und findet sich ähnlich, wenn auch weniger schön in Süd-Australien und Guatemala.

Türkis (orientalischer Türkis); werthvoll sind nur die himmelblauen Arten. Nischapur, auf Trümmern in einer jüngeren vulkanischen Breccie neben viel Brauneisenerz, analog im Magarathal am Sinai, am Mosesbrunnen in Arabien. Neuerdings in New-Mexico, südlich von Santa Fé.

Lasurstein. Lapis Lazuli. In Kalken der Bucharei, am Baikalsee, in Persien. — Bez. Bernstein cfr. S. 559.

Vom Quarz finden als Halbedelsteine Verwendung; Bergkrystall, Rauchtopas, Citrin, Amethyst, Katzenauge, Tigerauge, Falkenauge (die noch nicht durch ausgeschiedenes Eisenhydroxyd braun gefärbten, sondern blaugrauen Arten des Tigerauges), Avanturin, Chalcedon, Onyx, Plasma, Heliotrop. Von Feldspäthen finden der Mondstein und die labradorisirenden Varietäten Verwendung. Gelegentlich und lokal werden verschliffen: Vesuvian (braun vom Vesuv, grasgrün aus dem Alathal), Cordierit (Wasser- und Luchssapphir), Andalusit, Cyanit, Staurolith, Axinit, Diopsid, Hiddenit (Spodumen aus Nord-Carolina), Titanit.

Ueber das Vorkommen des in der Gasglühlichtindustrie verwendeten, auf Cer- und Thorerde verarbeiteten Monazit vergl. S. 436.

Schwefel. Das Hauptgebiet der Schwefelproduction ist das südwestliche Sicilien, wo der Schwefel in vom Aetna und seinen Exhalationen unabhängigen miocänen Lagern vorkommt. Aehnliche Verhältnisse weisen die Vorkommnisse von Radoboj in Kroatien, Szwoszowice bei Krakau in Galizien, Teruel in Aragonien auf. Fumarolenthätigkeit verdanken der Schwefel von Vulcano, von Puzzuoli, von Corfu und Milo, von Krisuvik auf Island, vom Popocatepetl und manche californische Vorkommnisse ihre Entstehung. Ferner liefern der Kaukasus, die Küsten des Rothen Meeres, insbesondere die Umgegend des Golfs von Suez bedeutende Schwefelmengen. Daneben wird Schwefel aber auch bei der Röstung von Kiesen und sonstigen S-haltigen Erzen gewonnen, und die Schwefelsäure zum weitaus grössten Theil aus solchen Rohproducten hergestellt.

Graphit. Technisch wichtige Vorkommen sind stets an krystalline Schiefer, wo sie lagerartig vorkommen oder als Gänge an Granite geknüpft. Früher waren von Bedeutung die in Phylliten aufsetzenden Graphitlager von Borrowdale bei Keswick in Cumberland (englische Bleistifte), gegenwärtig liefern die sibirischen und ceylonischen Gruben den Nürnberger Fabriken das Material. Das von Alibert 1847 entdeckte sibirische Vorkommen setzt im Tunkisker Gebirge, 50 Meilen westlich Irkutsk, zwischen Granit und Syenit in körnigen Kalken auf. Der blätterige oder schuppige Graphit von Ceylon tritt gangartig im Granit auf. — In Europa sind es die Böhmen umgürtenden Gebirge, in deren Gneissen und körnigen Kalken sich Graphitlager finden. Dahin gehört Passau in Bayern, Brunn am Walde, Geras, Deppach, Marbach in Niederösterreich, Krain, Vöttau, Hafnerluden in Mähren. In Böhmen selbst finden sich Lager zu Schwarzbach und Stuben bei Krumau; in geringem Umfang sind Graphitlager in der ganzen Alpenkette verbreitet. Nordamerika ist reich an Graphitlagern innerhalb der aus krystallinen Schiefern aufgebauten Alleghanies; am ergiebigsten ist gegenwärtig die Ticonderoga-Grube in New-York, während früher die Sonora-Grube, Tuolumme Co. in Californien Bedeutung hatte.

Asbest. Unter Asbest werden alle feinfaserigen, in den Fasern biegsamen feuer- und säurebeständigen Hornblende-, Augit- und Serpentinvarietäten verstanden. In der Technik macht man fast allein Gebrauch vom Tremolitasbest (Amiant) und vom Serpentinasbest (Chrysotil- oder Edelasbest). Letzterer ist der beste und stammt hauptsächlich aus Canada, während der Tremolitasbest zum grossen Theil aus dem Veltlinerthal (Sondrio in der Lombardei) herrührt. Verwendung zu feuer- und säurebeständigen Geweben, Seilen, Pappen (Millboard), Abdichtungsringen etc.

Apatit und Phosphorit. Verwendung als Mineraldünger entweder unmittelbar in feingemahlenem Zustand oder häufiger mittelst Schwefelsäure aufgeschlossen als Superphosphat. Das geologische und geographische Vorkommen von Apatit und Phosphorit ist S. 438 ff. näher beschrieben. Weiter kommen als Mineraldünger in Betracht: für den Bedarf der Pflanzen an Kali die Kalisalze (s. unten) und lokal, z. B. New-Jersey der Glaukonit, für den Bedarf an Stickstoff der Natron- oder Chilisalpeter (S. 393 und weiter unten) und für Kalk Gyps, Anhydrit und kalkhaltige Lehme (Mergel).

Weitere nutzbare, in manchen Fällen bergmännisch gewonnene Mineralien sind noch:

Flussspath (S. 377) als Zuschlagmittel bei Hüttenprocessen und zur Gewinnung von Flusssäure, Strontianit (S. 404), Cölestin (S. 414) und Witherit (S. 403), alle drei zur Entzuckerung der Melasse und in der Feuerwerkerei verwendet; ferner Magnesit (S. 398) zur Gewinnung von bitumenfreier Kohlensäure für Mineral-

wässer, Baryt (S. 403), Quarz (S. 342), Kieselguhr (S. 367), letzteres angewendet als Poliermittel und Wärmeschutz, zur Darstellung von Dynamit und Wasserglas. Bez. Smirgel cfr. S. 362.

Der Feldspath (Orthoklas), namentlich pegmatitischen Gängen innerhalb krystalliner Schiefer (Skandinavien etc.) entnommen, dient bei der Glas- und Porcellanfabrikation.

Kaolin in seiner reinen Varietät liefert die Porcellanerde. Bekanntere Lokalitäten sind Aue bei Schneeberg (Meissen), Untergriesbach und Obernzell bei Passau, Morl bei Halle, St. Yrieux bei Limoges (Sèvres), St. Austel in Cornwall. Unreinere, an vielen Orten gefundene Varietäten liefern die Pfeifenerde und den Töpferthon, aus denen Steingut (Wedgewoodwaaren), feuerfeste Tiegel (Hessische Tiegel, Gross-Almerode) etc. hergestellt werden.

Steinsalz und Kalisalze. Steinsalz findet sich schicht- und lagerartig oder als Imprägnation in allen geologischen Formationen, beispielsweise gehören dem Silur an: der Onondagadistrict mit Salina und Syracuse in New-York, die Soolen der Gegend von Petersburg, dem Devon: chinesische Vorkommnisse, dem Carbon: Salinen der Gegend von Bristol in England und der Saginawdistrict in Michigan, dem Perm: Norddeutschland, der Trias: nord- und süddeutsche, sowie lothringische Vorkommnisse, namentlich aber alpine Lokalitäten, wie Hall, Hallein, Ischl, Aussee. Berchtesgaden. Eocänen Alters ist der 95 m frei aufragende Salzberg von Cardona, dem Miocän gehört das Salz der Karpathen (Wieliczka, Bochnia, Kalusz) und Siebenbürgens (Máros-Ujvàr) an. Recente Salzbildungen finden sich in gewinnungsfähiger Menge in der aralo-kaspischen Niederung (Elton-, Bogdo-, Baskuntsckak-, Inderskischer See), in Centralasien, Californien, Nevada, Utah etc.

Die Mächtigkeit der Salzlager ist zuweilen eine sehr grosse; das Bohrloch von Sperenberg bei Berlin steht 1182,64 m im Steinsalz, ohne es durchteuft zu haben. — Die steten Begleiter des Steinsalzes sind Anhydrit und Gyps.

Wegen ihrer gewaltigen räumlichen Verbreitung und ihrer Mächtigkeit, mehr aber noch durch ihre Verknüpfung mit den für Industrie und Landwirthschaft unentbehrlichen Kalisalzen erlangen die dem oberen Zechstein Nord- und Mitteldeutschlands angehörigen Salzlagerstätten eine auf der Erde einzig dastehende wirthschaftliche Bedeutung. Sie sind in zugänglicher Tiefe durch Bohrungen nachgewiesen von der Elbe bei Magdeburg und Lübtheen (Mecklenburg) bis an den Rhein bei Wesel, lassen sich rings um den Harz sowohl im subhercynischen wie im thüringischen Becken verfolgen und reichen bis an den Main und den Ostrand des rheinisch-westphälischen Schiefergebirges. Auch darüber hinaus im Osten bei Sperenberg und Inowrazlaw sind sie bekannt. Aeltere Centren ihrer Gewinnung liegen bei Stassfurt, Leopoldshall, Westeregeln, Aschersleben, Bernburg, Vienenburg, zu denen neuerdings noch die Gegend von Braunschweig, Hannover, Hildesheim, ferner von Nordhausen und von Salzungen gekommen sind.

Man bringt die Reihe der salzführenden Schichten, die sich neben dem Steinsalz noch aus Kali- und Magnesiasalzen, aus Anhydrit und Gyps aufbauen, gewöhnlich in zwei Abtheilungen, in die Abtheilung des älteren Steinsalzes und in die des jüngeren Steinsalzes. — Auf mächtigen Anhydritlagern als Basis liegt das ältere Steinsalz, indem sich je nach den Einlagerungen, die vielfach nur schnurartig auftreten, von unten nach oben unterscheiden lassen: 1. die Anhydritregion, 2. die Polyhalitregion, 3. die Kieseritregion und 4. die Carnallitregion. Letztere ist des Carnallits wegen die bedeutsamste; durch secundäre Umlagerung erfährt sie nicht selten eine Umwandlung zu Kainit, Sylvin, die bald rein, bald gemengt (Hartsalz) mit einander auftreten. Vielfach folgt darüber, getrennt durch Salzthon, Gyps und

Anhydrit die Abtheilung des jüngeren Steinsalzes, d. h. eine mächtige Steinsalzablagerung, in der ohne Regel Lager und Linsen von Anhydrit, Sylvin, Carnallit und Hartsalz eingelagert sind. Den Beschluss des ganzen Systems bildet eine mehr oder minder mächtige Decke von Salzthonen, auf denen dann unmittelbar der untere Buntsandstein ruht.

Von den in Frage kommenden Kalisalzen, dem Carnallit, dem Kainit, dem Sylvin und ihrem Gemenge, dem Hartsalz, werden Kainit und Sylvin roh vermahlen und direct als Kalidünger benützt, während Carnallit und mit ihm das Hartsalz fabrikmässig durch ein besonderes Verfahren, wonach aus einer heiss gesättigten Lösung der genannten Salze KCl auskrystallisirt, $MgCl_2$ dagegen in Lösung bleibt, verarbeitet werden.

Von den sonstigen Salzen wird Kieserit zur Gewinnung von Bittersalz (Appretur leichter Baumwollstoffe etc.) verwendet. Aus unter 0° abgekühlten Lösungen von Kieserit und Chlornatrium krystallisirt Glaubersalz aus, das namentlich zur Darstellung weissen Glases gebraucht wird. Das Chlormagnesium dient noch zur Darstellung von Salzsäure und Brom.

Soweit das in der Medicin verwendete Bittersalz nicht aus dem Kieserit der Kalisalzlagerstätten hergestellt wird, wird dasselbe aus bittersalzhaltigen Quellen, z. B. von Epsom in England, von Saidschütz und Püllna in Böhmen etc. gewonnen.

Von der im Handel vorkommenden Soda rührt nur ein geringer Theil aus dem natürlichen Vorkommen her, wie solches in den Landseen Unterägyptens, z. B. bei Fezzan, ferner bei Nizam in Ostindien, im Great Basin von Nevada (Desert lake, Soda lake u. a.), bei Colcha östlich von Iquique in Peru auftritt. Der grössere Theil wird künstlich aus Kochsalz hergestellt. Verwendung in der Seifen- und Glasfabrikation, in der Färberei und zur Wäsche.

Aehnliches gilt vom Glaubersalz, das zwar in grösserer Menge an denselben Orten, wie die Soda vorkommt, auch selbständige Lager bei Logroño und Lodosa im Ebrothal und Muchrevan in der Nähe von Tiflis bildet, dennoch zum überwiegenden Theil künstlich aus Chlornatrium dargestellt wird.

Natronsalpeter, zur Darstellung des Kalisalpeters verwendet, der in der Natur nur spärlich auftritt, hat sein Hauptgebiet in der Umgebung von Tarapaca im nördlichen Chile, besonders in der Pampa del Tamarugal, wo seine Schichten, vermengt oder verknüpft mit Sand und anderen Natronsalzen eine Mächtigkeit von 1 m, ja von 2 m erreichen.

Zur Alaunfabrikation dient Alunit (S. 421), der beispielsweise zu Puzzuoli, Tolfa bei Civitavecchia, Montioni im Herzogthum Piombino, Munkacs, Tokay, Bereghszasz, auf den Inseln Milo, Argentina und Nipoligo im griechischen Archipel, am Mont Dore, in Samsin in Kleinasien etc. zu diesem Zweck verwendet wird, die Hauptmasse rührt jedoch aus Thonerde und Schwefelkies haltigen Gesteinen, aus Kryolith und Bauxit her. Natürlicher Alaun ist nur sparsam in der Natur verbreitet.

Von Borax und Borsäure liefernden Mineralien haben technische Bedeutung Boracit, Tinkal, Pandermit und Sassolin, während Larderellit und Lagonit nur mineralogisches Interesse besitzen. Die Hauptgebiete der Gewinnung sind die Soffioni und Lagoni in der toscanischen Maremma zwischen Volterra und Massa marittima, die heisse Quelle von Sasso bei Siena und Vulcano. Gegenwärtig haben auch die analogen Vorkommnisse Californiens und Nevadas, die Vork. am Schwarzen sowie der Boracit der Kalisalzlagerstätten hohe Bedeutung erlangt, während früher aller Borax aus Tibet (von Dera Puga und vom Bul Tso in der Nähe des Tengri Nor) gebracht wurde.

Verwendung als Farbstoff finden Graphit, Baryt, Kreide, Eisenocker, ferner Bolus, von dem der aus Armenien hochroth, von Sinope dunkelroth, von Lemnos und Schlesien gelbroth, der französische blassroth, von Blois blassgelb ist. Die Cyprische Umbra ist ebenfalls ein Bolus, während Kölnische Umbra und Kasseler Braun Braunkohle ist. Die Grünerde vom Monte Baldo bei Verona und von Cypern liefert eine grüne Farbe. Sonst sind auch wohl Malachit, Kupferlasur und Lasurstein für die Malerei benutzt worden.

Zu Zwecken der Bildhauerei wie zu Ornamenten und ähnlichem finden Anwendung:

Marmor. Der Osten Griechenlands und die cycladischen Inseln sind reich an Marmor, berühmt waren im Alterthum der parische und pentelische Marmor. Seit der römischen Kaiserzeit bis in die Gegenwart nimmt der Marmor von Carrara in den apuanischen Alpen, der Trias angehörend, den ersten Rang ein. Man unterscheidet daselbst den helleren Chiaro und den dunkleren Bardiglio. Zum ersteren gehört der rein weisse, zuckerkörnige Statuario, der Statuenmarmor, und der etwas grober körnige, zumeist verwendete Bianco chiaro. Ausser Carrara betheiligen sich an der Gewinnung von Bildhauermarmor noch Massa di Carrara und Serravezza, ausserhalb Italien noch Schlanders und Laas im Pinzgau. Marmore für ornamentale Zwecke finden sich vielorts, so im belgischen Kohlenkalk, im rheinischen Devon etc.

Alabaster, besonders schön im Tertiär von Volterra in Toscana, ferner von Sicilien und vom Montmartre bei Paris.

Serpentin. Verarbeitet zu Ornamenten, Platten, Gefässen, werden namentlich die Vorkommnisse zu Zöblitz und Waldheim in Sachsen und aus Toscana. Den gleichen Zwecken dienen der chinesische Agalmatolith, Malachit und Lasurstein, ferner Rhodonit (sogen. Orletz) von Jekaterinburg, Chrysopras von Frankenstein in Schlesien. Nephrit und Jadeit lieferten das Material zu prähistorischen Waffen. — Bezüglich Meerschaum cfr. S. 546.

Kohlen und Petroleum. Eine Besprechung dieser wichtigsten aller Mineralsubstanzen würde zu weit führen; bezüglich ihrer kann nur auf den Text S. 560 ff. verwiesen werden.

Zum Schluss noch eine Tabelle, die von der Bedeutung und dem relativen Werth der wichtigsten Mineralproducte ein anschauliches Bild giebt:

Geldwerth der Weltproduction nach Bergwerks- und Hüttenproducten im Jahre 1901.

Kohle	ca.	7,200,000,000	Mark
Eisen	„	3,200,000,000	„
Petroleum	„	1,600,000,000	„
Gold	„	1,075,000,000	„
Diamanten und andere Edelsteine	„	800,000,000	„
Kupfer	„	600,000,000	„
Silber	„	525,000,000	„
Zinn	„	240,000,000	„
Salze	„	200,000,000	„
Blei	„	200,000,000	„
Zink	„	160,000,000	„
Seltene Metalle und verschiedene Mineralien	„	200,000,000	„
	rund	16,000,000,000	Mark.

Register.

Die *cursiv* gedruckten Namen beziehen sich auf den ersten allgemeinen Theil, die antiqua gedruckten auf den zweiten speciellen Theil des Buches.

B.

C.

D.

E.

H.

N.

O.

P.

Q.

R.

S.

T.

U.

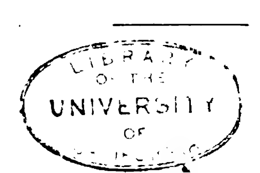
V.

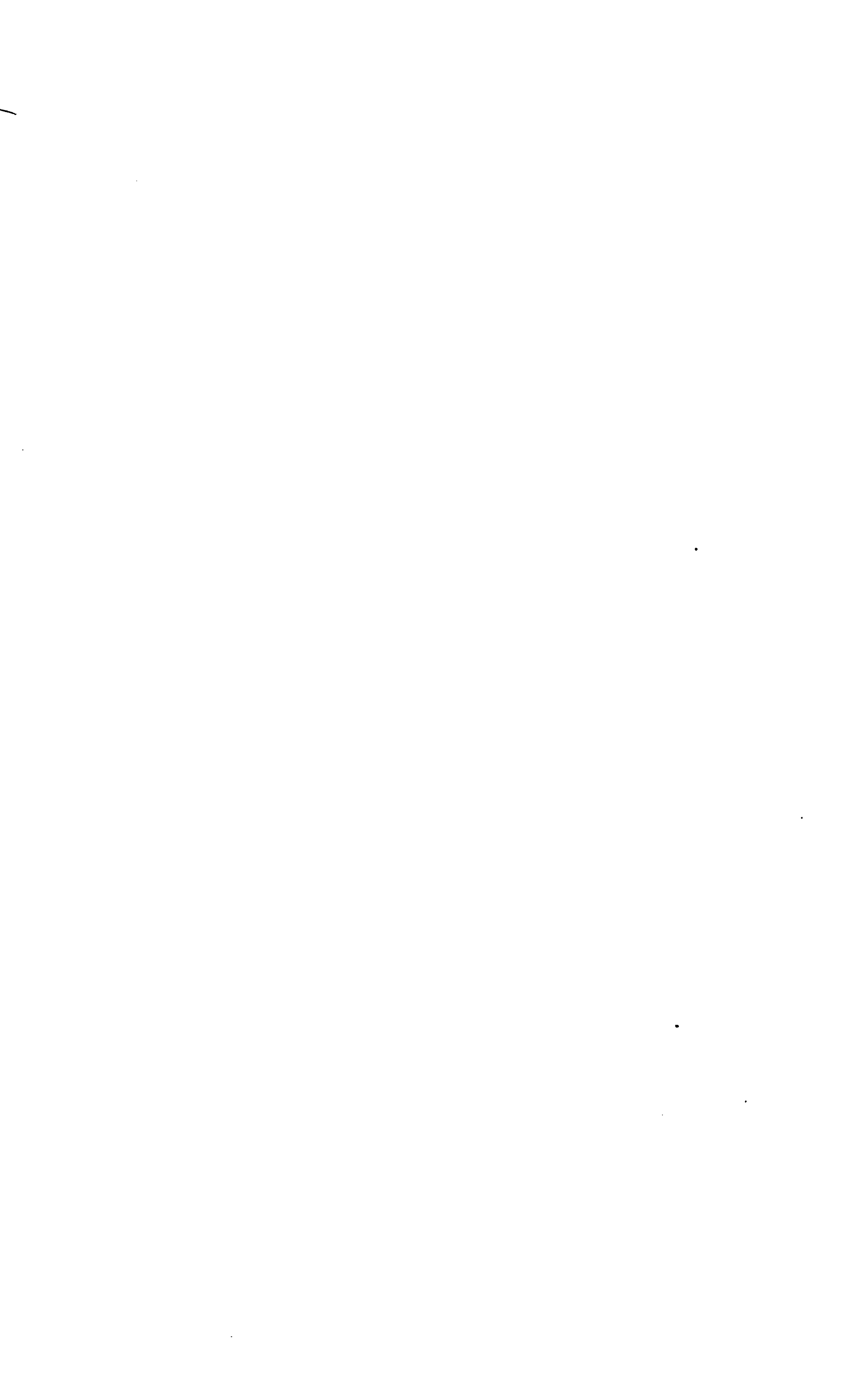
W.

X.

Y.

Z.











Bestimme[illegible] Mineralien.

Anhang II. zu F. [illegible] [illegible]ralogie. 3. Auflage.

